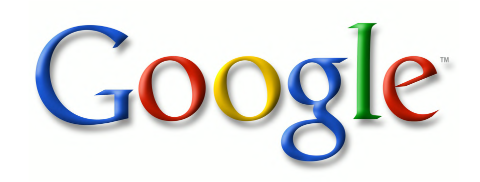
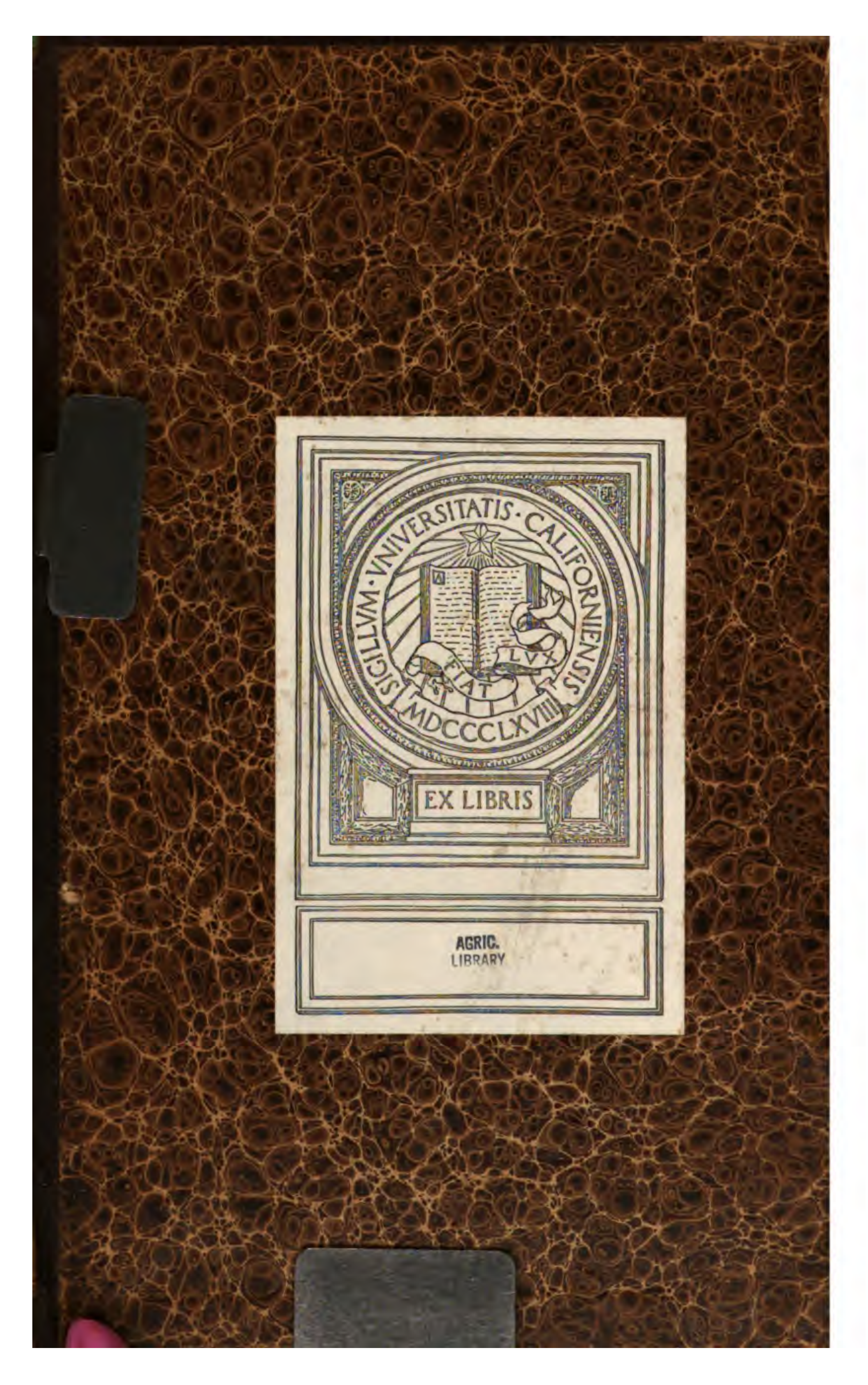
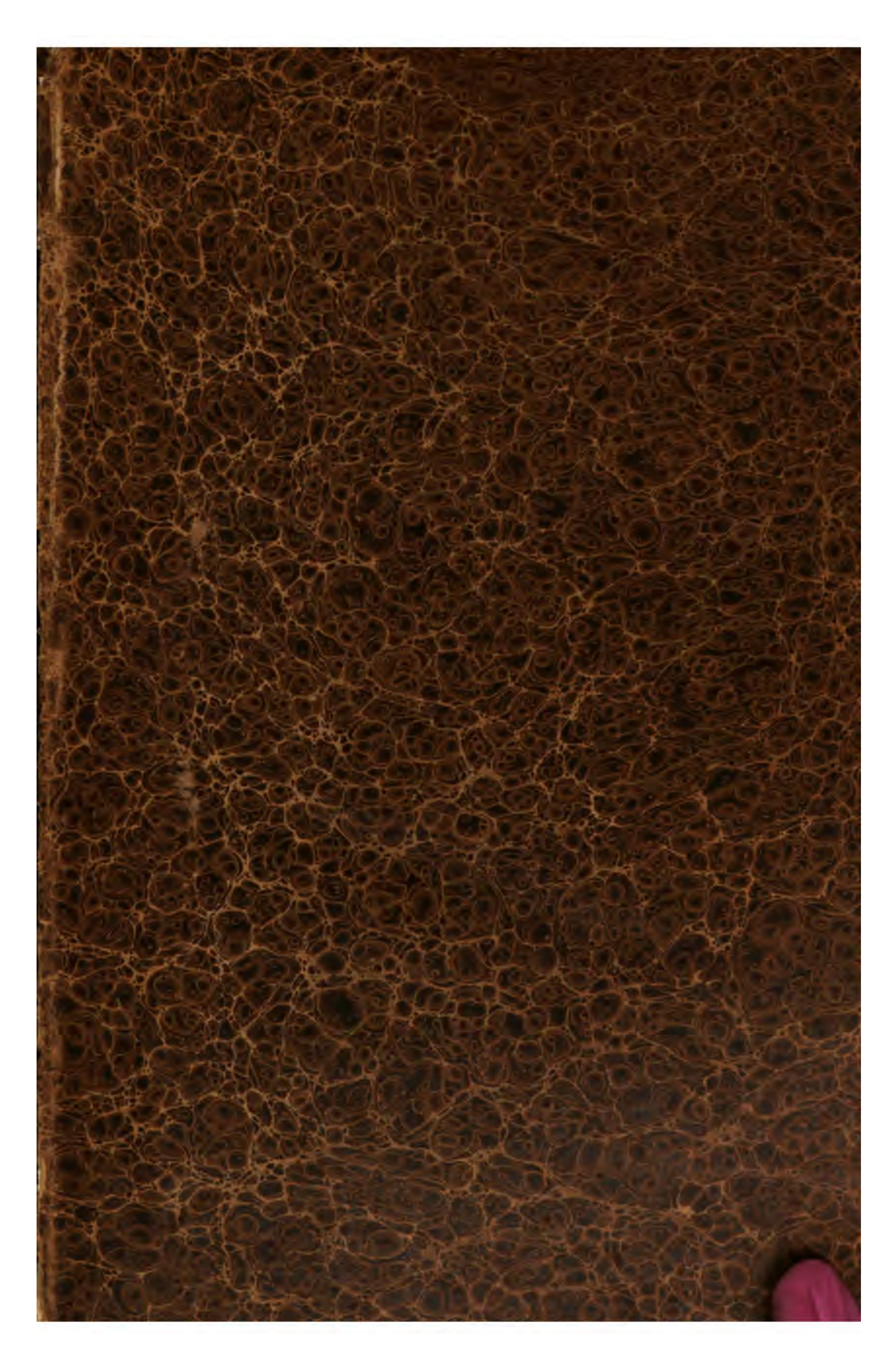



SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
FIAT LVX
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS
AGRIC.
LIBRARY



ANNALES AGRONOMIQUES

PARIS. — IMPRIMERIE ÉMILE MARTINET, RUE MIGNON, 2.

ANNALES
AGRONOMIQUES

PUBLIÉES SOUS LES AUSPICES

U

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DU COMMERCE

(Direction de l'Agriculture)

PAR

M. P.-P. DEHÉRAIN

DOCTEUR ÈS SCIENCES, LAURÉAT DE L'INSTITUT
PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE
ET DE CHIMIE AGRICOLE A L'ÉCOLE DE GRIGNON

TOME SEPTIÈME

PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, Boulevard Saint-Germain et rue de l'Éperon

EN FACE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE

1881

ANNALES AGRONOMIQUES

CHAMPS D'EXPÉRIENCES DE LA STATION AGRICOLE DU PAS-DE-CALAIS. — ESSAIS DIVERS

PAR

M. A. PAGNOUL

Directeur de la station.

Influence de la lumière sur les plantes, particulièrement au point de vue de leur richesse en nitrates.

Chaque année des contestations ont lieu entre les cultivateurs et les fabricants de sucre au sujet de l'emploi des nitrates comme engrais dans la culture de la betterave ; on a trouvé parfois, en effet, des quantités énormes de ces sels dans certains sucres de troisième jet et on sait que par l'emploi de l'osmose on enlève aux mélasses des matières salines qui sont en grande partie formées de nitrates. Il est incontestable que les cultivateurs ont trop souvent abusé de cet engrais dont l'emploi, dans la deuxième période de la végétation, a pour effet d'appauvrir la plante en favorisant le développement de nouvelles feuilles, et constitue ainsi une pratique réellement frauduleuse au détriment du fabricant. Mais il est également certain que la plante peut se charger de nitrates sur un sol qui n'en a jamais reçu. Nous avons cité à cet égard un grand nombre de résultats concluants, obtenus avec des betteraves cultivées exclusivement sur fumier et sur tourteaux.

Il y avait donc un certain intérêt à rechercher si cette abondance de nitrates qui correspond presque toujours à un appauvrissement de la plante et qui pendant certaines campagnes sucrières a occasionné tant de plaintes légitimes de la part des fabricants, est due exclusivement à l'abus des engrais, ou si elle ne peut être attribuée aussi à certaines causes indépendantes de la volonté du cultivateur.

L'année dernière, en étudiant l'influence de la lumière sur la betterave, j'avais constaté que non seulement le défaut de lu-

mière diminue la proportion du sucre, mais qu'il augmente aussi considérablement celle des nitrates ; voici quelques-uns des résultats publiés dans le numéro de décembre 1879 des *Annales agronomiques* et que je crois utile de rappeler d'abord (*tome V, page* 481).

	A L'AIR libre.	SOUS CLOCHE transparente.	SOUS CLOCHE noircie.
Poids de la racine..................	gr. 957	gr. 850	gr. 35
Poids des feuilles..................	494	880	140
Poids des feuilles pour 100 de racines.	58	103	400
Sucre pour 100 de betteraves.......	6.96	4.76	3.09
Carbonates alcalins p. 100 de betteraves	0.631	0.787	1.270
Chlorures alcalins —	0.082	0.123	0.149
Total de ces sels..................	0.713	0.910	1.419
Nitrate pour 100 de betteraves......	0.213		1.040
Sels alcalins pour 100 de sucre......	10.29	19.12	41.10
Nitrate pour 100 de sucre....... ...	3.18		33.65

Ces expériences avaient été faites avec la variété ordinaire du pays, généralement pauvre. Dans celles que j'ai exécutées cette année j'ai employé de bonnes graines récoltées il y a deux ans, sur le champ même de la station et provenant de la betterave Dervaux. J'ai aussi opéré sur d'autres espèces de plantes, et les résultats obtenus ont entièrement confirmé ceux de l'année dernière.

Les cloches dont je m'étais servi l'an dernier étaient de trop petites dimensions pour permettre à la betterave de se développer librement ; j'ai fait construire des châssis en fer vitrés, pouvant recouvrir plusieurs plantes, et maintenus par des pieds à un décimètre du sol pour permettre la circulation de l'air. La présence seule de ces châssis placés au-dessus des plantes devant modifier les conditions de chaleur et d'aération, l'un fut garni de verres transparents et l'autre de verres noircis afin de pouvoir reconnaitre l'influence spéciale de la lumière. Sous la cloche noircie les plantes recevaient encore une lumière analogue à celle du cré-

puscule ou d'un ciel très sombre. Des arrosages équivalents aux quantités de pluie tombées étaient faits sous ces cloches. Les expériences ont été disposées sur une terre qui n'avait reçu cette année que des tourteaux, dans la proportion de 1200 kilos à l'hectare, les années précédentes le sol n'avait reçu également que des tourteaux et du fumier, sans aucune trace de nitrates. Les châssis furent placés le 26 juin; la racine pesait alors 14 grammes, les feuilles 69 grammes et la proportion de sucre était de 3,93 pour 100; l'arrachage a eu lieu le 2 août. Voici le tableau des résultats obtenus :

		A L'AIR libre.	SOUS CLOCHE transparente.	SOUS CLOCHE noire.
		gr.	gr.	gr.
Poids	Racines..	460	450	24
	Feuilles..	737	950	173
Feuilles pour 100 de racines		160	211	721
Densité du jus		5.5	4.2	3.0
Sucre pour 100 de betteraves		9.45	5.75	1.66
Nitrates pour 100 de	Racines..	0.113	0.366	1.197
	Feuilles..	0.417	0.826	1.474
Carbonates alcalins pour 100 de..	Racines .	0.784	1.214	1.451
	Feuilles..	1.567	1.178	1.457
RÉSULTATS RAPPORTÉS A L'HECTARE				
		kil.	kil.	kil.
Sucre		1739	1035	16
Nitrates des	Racines..	20.8	65.9	11.5
	Feuilles..	122.9	313.9	102.0
Carbonates alcalins des	Racines..	140	218	14
	Feuilles..	462	448	101
Nitrates, plante entière		143.7	379.8	113.5
Carbonates alcalins, plante entière		602	666	115
Rendement en poids des	Racines..	18400	18000	960
	Feuilles..	29480	38000	6920

L'espacement des racines avait été ménagé de telle sorte qu'il y eût 40 mille pieds à l'hectare. C'est sur ce nombre qu'a été basée l'évaluation du rendement.

Le poids de la racine qui était de 14 grammes le 16 juin, n'était encore que de 24 grammes trente-sept jours après, sous la cloche noire, mais le poids des feuilles s'était accru davantage et leur développement avait eu lieu aux dépens du sucre de la racine, car la richesse saccharine qui était de 3,93 le 26 juin, se trouvait abaissée à 1,66 le 2 août. Ces différences sont plus frappantes encore en ramenant tout à l'hectare; on voit ainsi, en effet, que le poids du sucre qui était de 22 kilos le 14 juin, se trouvait élevé le 2 août à 1739 kilos, à l'air libre, et qu'il eût été, dans les conditions de la cloche transparente, de 1035 kilos, tandis qu'avec la lumière amoindrie de la cloche noire il se trouve réduit à 16 kilos.

Les nitrates et les carbonates alcalins, dans le tableau qui précède, ont été exprimés en sels de potasse. On voit que les racines sous cloche noire renferment environ dix fois plus de nitrates pour 100 que les racines venues à l'air libre, et il faut noter aussi que dans les premières la proportion des carbonates alcalins trouvés dans les cendres dépasse à peine celle des nitrates, tandis que dans les autres la proportion est sept fois plus grande. Ainsi les sels alcalins à acides organiques existent à peine dans les plantes qui ont manqué de lumière; les carbonates alcalins des cendres proviennent surtout de la décomposition des nitrates. Dans les conditions normales, au contraire, la proportion des nitrates diminue à mesure que la végétation s'avance; ils disparaissent même complètement dans les plantes qui ont mûri dans une saison favorable, sous l'influence d'une abondante lumière, et les carbonates alcalins des cendres ne proviennent plus alors que de sels organiques.

La lumière paraît donc avoir à remplir dans la décomposition des nitrates et dans la formation des principes azotés et des sels organiques, un rôle analogue à celui qu'elle joue dans la décomposition de l'acide carbonique pour la formation des principes hydrocarbonés.

Ce qu'il importait surtout de rechercher, au point de vue pratique, c'est-à-dire au point de vue des responsabilités du cultivateur, en face du fabricant, c'était l'influence du défaut de lumière dans la seconde période de la végétation ; les cloches transparentes et obscures ont donc été placées le 2 août sur d'autres betteraves

de la même parcelle, devant se trouver par conséquent dans les mêmes conditions que celles de la première colonne du tableau ci-dessus, et elles y ont été laissées jusqu'au 13 septembre. L'analyse que j'en ai faite à cette époque m'a donné les résultats consignés dans le tableau suivant où se trouvent reproduits dans la première colonne les chiffres qui représentent l'état de la plante le 2 août.

		2 AOUT	13 SEPTEMBRE		
		AIR libre.	AIR libre.	CLOCHE transpar^te.	CLOCHE noire.
Poids	Racines	gr. 460	gr. 1017	gr. 950	gr. 667
	Feuilles	737	533	653	710
Feuilles pour 100 de racines		160	5.2	69	106
Densité du jus		5.5	5.8	5.2	3.9
Sucre pour 100 de betteraves		9.45	10.42	8.54	4.69
Nitrates pour 100 de	Racines	0.113	0.050	0.264	0.551
	Feuilles	0.417	0.040	0.545	1.388
Carbonates alcalins pour 100 de	Racines	0.764	0.560	0.713	1.420
	Feuilles	1.567	1.161	1.642	2.163
RÉSULTATS RAPPORTÉS A L'HECTARE					
Sucre		kil. 1739	kil. 4239	kil. 3245	kil. 1252
Nitrates des	Racines	20.8	20.3	100.3	147.0
	Feuilles	122.9	8.5	207.1	394.2
Carbonates alcalins des	Racines	140	228	271	379
	Feuilles	462	248	429	614
Nitrates, plante entière		143.7	28.8	307.4	541.2
Carbonates alcalins, plante entière		602	470	700	993
Rendement en poids des	Racines	18400	40680	38000	26680
	Feuilles	29480	21320	26120	28400

On voit que pendant cette période de quarante-deux jours la racine a

augmenté de 557 grammes à l'air libre, et seulement de 207 sous cloche noire, tandis que le poids des feuilles qui n'était plus que la moitié du poids de la racine dans le premier cas, lui était encore supérieur dans le second.

La richesse saccharine s'est élevée à l'air libre de 1 pour 100 de betteraves; dans l'obscurité, elle s'est au contraire abaissée de 5 pour 100, de sorte qu'en tenant compte du poids de la betterave, on trouve qu'il s'est formé par hectare dans cette période de quarante-deux jours, 2500 kilos de sucre à l'air libre, tandis qu'avec la lumière affaiblie des cloches noires, il y aurait eu au contraire une perte de près de 500 kilos.

Les nitrates ont presque disparu dans la plante normale; leur poids total à l'hectare était de 143 kilos le 2 août; il s'abaisse à 28 kilos le 13 septembre, tandis que dans l'obscurité il s'élève à 541 kilos. Ainsi sur un sol qui n'a jamais reçu que des engrais organiques, la plante peut, dans des conditions particulières, absorber et retenir des quantités énormes de ces sels. Pour la racine seule la proportion de nitrates, qui était de 0,113 pour 100 le 2 août descend à 0,050 le 13 septembre, à la lumière, et elle s'élève dans l'obscurité à 0,550.

Sans doute le défaut de lumière n'est pas la seule cause de ces différences, puisque, sous la cloche transparente, les résultats sont intermédiaires; mais il en est évidemment la cause principale.

J'insisterai surtout sur cette conclusion qu'un ciel constamment couvert à la fin de la saison, aura non seulement pour effet d'appauvrir la racine, mais aussi d'y favoriser l'absorption des nitrates qui pourront s'y trouver encore à la récolte dans de fortes proportions, lors même que le sol n'aurait reçu que des engrais organiques.

J'ai voulu étudier aussi sur d'autres plantes l'influence du défaut de lumière, particulièrement au point de vue de l'absorption et de la décomposition des nitrates. L'expérience a pu être faite dans d'assez bonnes conditions pour la pomme de terre, toujours avec des cloches en verres transparents et noircis. Les cloches ont été mises, le 3 juin, sur la plante déjà assez développée, mais ne portant pas encore de tubercules, et la récolte a été faite le 28 juillet. Voici le tableau des résultats obtenus :

		A L'AIR libre.	SOUS CLOCHE transparente.	SOUS CLOCHE noire.
Poids des	tubercules	gr. 456	gr. 540	gr. 44
	feuilles et racines	200	387	160
Matière sèche pour 100 de tubercules		24.16	24.20	14.37
Nitrates	pour 100 de tubercules	0	0	0
	pour 100 de feuilles et racines	0.088	0.264	0.967

La cloche transparente a ici augmenté sensiblement le poids des tubercules et celui des feuilles, tandis que sous la cloche noire la végétation s'est trouvée presque arrêtée ; le poids des tubercules y est dix fois plus faible qu'à l'air libre et la proportion des nitrates s'y trouve onze fois plus forte. Le sol n'avait également reçu que des tourteaux.

Les mêmes expériences ont été faites sur l'œillette, et elles ont donné des résultats analogues, mais je ne citerai pas les chiffres obtenus parce que les cloches n'ayant pas été suffisamment élevées pour permettre à la plante de se développer librement, la comparaison n'est plus possible.

L'azote qui entre dans la constitution des plantes parait donc être dû surtout aux nitrates absorbés. Les matières organiques azotées du sol ne semblent agir en effet que lorsqu'elles ont subi la fermentation nitrique et il est établi que des betteraves venues exclusivement sur des engrais organiques peuvent se trouver chargées d'une forte proportion de nitrates. Ces sels abondent surtout dans la jeune plante et disparaissent à la fin de la végétation, tandis que leurs alcalis restent à l'état de sels organiques; ainsi, d'après un exemple cité plus haut, un hectare de betteraves qui contenait 144 kilos de nitrates le 2 août, n'en contenait plus que 27 kilos le 13 septembre, mais l'alcali n'avait pas disparu; l'acide nitrique s'était donc transformé.

Cependant le sulfate d'ammoniaque peut, dans beaucoup de cas, être substitué aux nitrates pour l'alimentation des plantes, et cette base est absorbable sans décomposition ; M. Péligot a constaté en effet sa présence dans la betterave, à l'état de phosphate ammo-

niaco-magnésien et M. Pellet évalue à 0,03 pour 100 sa proportion dans la racine de cette plante. Néanmoins son existence à l'état de phosphate ne permet pas de conclure qu'elle contribue par son azote à la formation des albuminoïdes et il n'est pas impossible qu'elle subisse partiellement dans le sol une oxydation analogue à celle des matières organiques, c'est-à-dire une transformation en nitrates. Tous les engrais azotés contribueraient ainsi par des phénomènes du même genre à l'alimentation des plantes et l'azote entrant dans leur constitution serait dû à la décomposition de l'acide azotique, de même que le carbone est dû à la décomposition de l'acide carbonique, opérée sous l'influence de la lumière. On pourrait admettre aussi, comme le pense M. Dehérain, que l'acide azotique se combine d'abord avec les hydrates de carbone pour former ensuite, par réduction, les albuminoïdes, de même que dans la fabrication de l'aniline il s'unit à la benzine pour former la nitrobenzine qui est ensuite réduite.

$$C^{12}H^{6} + AzO^{5}, HO = C^{12}H^{5}AzO^{4} + 2HO$$
$$C^{12}H^{5}AzO^{4} + 6H = C^{12}H^{7}Az + 4HO$$

Les nitrates resteraient alors inutilisés dans la plante lorsque celle-ci cesserait de produire les hydrates de carbone, c'est-à-dire le sucre.

Actions comparées des nitrates et du sulfate d'ammoniaque.

Différentes expériences ont été consacrées à l'étude de cette question.

Quatre parcelles ont reçu les engrais suivants dont nous donnons toujours les poids rapportés à l'hectare :

1.	Nitrate de potasse	700 kil
2.	Nitrate de soude	600 —
	Chlorure de potassium	300 —
3.	Sulfate d'ammoniaque	450 —
	Chlorure de potassium	300 —
4.	Betteraves pourries de l'année précédente.	

Les betteraves (espèce Dervaux) ont été semées le 19 avril ; La levée s'est très bien faite sur les parcelles qui avaient reçu le ni

trate de soude et les betteraves pourries, moins bien sur la parcelle au nitrate de potasse et assez mal avec le sulfate d'ammoniaque. L'arrachage a eu lieu le 23 septembre et les résultats suivants ont été obtenus. Le rendement à l'hectare a été évalué en prenant le poids moyen des racines et en ne tenant pas compte des vides, c'est-à-dire en admettant le nombre de cent mille pieds. Les nitrates sont toujours exprimés en nitrates de potasse.

	1. NITRATE DE POTASSE.	2. NITRATE DE SOUDE.	3. SULFATE D'AMMONIAQUE.	4. BETTERAVES POURRIES.
Densité du jus...........	6.0	6.4	5.4	5.6
Sucre par décilitre.......	13.01	13.98	10.87	10.42
Nitrate par décilitre......	0.080	0.009	0.054	0.095
Rendement à l'hectare....	49.600	42.300	37.800	52.900
Sucre à l'hectare.........	6.453	6.013	4.109	5.512

C'est donc le nitrate de soude qui a fourni les meilleurs résultats au point de vue de la richesse et il est surtout à remarquer qu'il donne des racines presque complètement dépourvues de nitrates, tandis que ce sel existe encore abondamment dans les racines venues sur betteraves pourries et en quantité très sensible dans celles qui n'ont reçu que du sulfate d'ammoniaque. C'est qu'en effet le nitrate de soude est surtout absorbé au commencement de la végétation, celui qui a échappé à la jeune plante, étant en grande partie entraîné dans les couches profondes du sol, ne peut plus agir dans la dernière période ; les matières organiques, au contraire, continuent à fournir ce sel à la plante, ce qui donne toujours lieu à une végétation plus prolongée, à une maturité plus tardive et à une plus grande quantité de nitrate non décomposé au moment de la récolte. Peut-être le sulfate d'ammoniaque se comporte-t-il d'une manière analogue et on comprend son infériorité pour la betterave s'il ne peut agir utilement qu'après s'être transformé, attendu que sa déperdition doit être plus grande que celle des matières organiques azotées

Une autre expérience a été faite sur deux parcelles qui avaient reçu les engrais suivants :

1. Nitrate de soude...................... 600 kil.
Chlorure de potassium................. 200 —
2. Sulfate d'ammoniaque................. 300 —
Chlorure de potassium................. 200 —

Pour mieux accentuer l'influence de ces engrais, quelques plantes représentant la moyenne du champ ont reçu, le 25 août, des arrosages avec des dissolutions de même nature et afin de bien faire pénétrer ces dissolutions jusqu'à la partie inférieure des racines, elles ont été introduites dans des tubes de verre qui s'enfonçaient de 15 centimètres environ autour de la plante.

Sur la parcelle 1, une première série de plantes a reçu ainsi 10 grammes de nitrate de soude par racine, une deuxième série 10 grammes de nitrate de soude et 10 grammes de phosphate de potasse.

Sur la parcelle 2, on a versé sur chaque plante de la première série 10 grammes de sulfate d'ammoniaque et sur chaque plante de la seconde 10 grammes de sulfate d'ammoniaque et 10 grammes de phosphate de potasse.

L'arrachage a eu lieu le 22 septembre et l'analyse a donné les résultats suivants :

	NITRATE.			SULFATE D'AMMONIAQUE.		
	sans arrosage.	ARROSAGES au nitrate et au phosphate.	ARROSAGES au nitrate seul.	sans arrosage.	ARROSAGES au sulfate et au phosphate.	ARROSAGES au sulfate seul.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Poids de la racine.	687	745	1010	680	850	1050
Densité du jus....	5.6	5.2	5.2	6.1	5.1	5.0
Sucre par décilitre.	11.23	10.16	10.32	12.65	9.90	10.07
Nitrate —	0.050	0.091	0.091	0.023	0.098	0.104

L'influence funeste des engrais azotés dans la dernière période de la végétation est ici bien manifeste au point de vue de la richesse et il faut surtout noter que cette influence a été beaucoup plus sensible avec le sulfate d'ammoniaque qu'avec le nitrate de soude. Ce

dernier sel abaisse la proportion du sucre de 1 pour 100 de jus ; le sel d'ammoniaque l'abaisse de 2 à 3. Le poids de la racine se trouve augmenté à peu près de la même manière de part et d'autre ; mais ce qu'il importe surtout de constater, c'est que la proportion des nitrates dans la racine s'est accrue plus encore par l'addition du sel d'ammoniaque que par celle du nitrate lui-même. Les résultats n'eussent peut-être pas été les mêmes avec de simples arrosages superficiels parce que le sulfate d'ammoniaque a moins de tendance à descendre que le nitrate de soude et n'aurait pu ainsi que difficilement se mettre à la portée des racines, mais introduit directement, à 15 centimètres de profondeur, on voit qu'il a agi exactement comme le nitrate. Il paraît donc vraisemblable qu'il y a eu production de ce sel par l'oxydation de l'ammoniaque introduite dans le sol et que les changements qu'a subis la racine par le fait de ces différents arrosages ont été dus à des phénomènes identiques.

Remarquons encore que l'addition du phosphate de potasse, tout en arrêtant le développement de la racine, n'a pas empêché son appauvrissement.

Enfin une troisième expérience a été faite dans l'arrondissement de Béthune, sur une terre peu argileuse, ne contenant que des traces de calcaire, une proportion ordinaire d'humus et seulement 0,063 d'acide phosphorique pour 100. Cette expérience a été faite avec M. Delattre, cultivateur à Aix, qui déjà l'année dernière avait bien voulu nous prêter un obligeant concours.

Le champ a été partagé en 3 parcelles de 4 ares qui ont reçu les engrais suivants dont nous rapportons toujours le poids à l'hectare :

1. Nitrate de potase	600 kil.
Superphosphate	400 —
2. Nitrate de soude	500 —
Chlorure de potassium	300 —
Superphosphate	400 —
3. Sulfate d'ammoniaque	380 —
Chlorure de potassium	300 —
Superphosphate	400 —

Chaque parcelle a été ensuite partagée en deux parties et on a mis sur l'une une graine provenant de la betterave Dervaux et sur l'autre la mauvaise graine ordinaire du pays ; voici les résultats obtenus :

	BETTERAVES RICHES.			BETTERAVES PAUVRES.		
	Nitrate de potasse.	Nitrate de soude.	Sulfate d'ammoniaque.	Nitrate de potasse.	Nitrate de soude.	Sulfate d'ammoniaque.
Densité du jus..........	5.4	5.6	6 1	4.0	4.3	3.9
Sucre par décilitre.......	10.85	11.66	13.22	7.56	8.10	7.31
Quotient de pureté......	0.76	0.79	0.82	0.72	0.71	0.71
Carbonates alcalins......	0.511	0.490	0.407	0.552	0.497	0.517
Chlorures alcalins.......	0.052	0.022	0.052	0.067	0.156	0.186
Total de ces sels........	0.563	0.512	0.459	0.619	0.653	0.703
Total de ces sels p. 100 de sucre..............	5.19	4.39	3.46	8.19	8.06	9.62
Nitrates par décilitre de jus.	0.045	0.027	0.009	0.045	0.041	0.045
Rendement à l'hectare...	39.600	42.700	40.550	68.200	70.500	68.650
Sucre à l'hectare........	3.910	4.530	4.852	4.750	5.250	4.630

Ces résultats montrent qu'il est toujours utile, avant de conclure, de multiplier les essais; le sulfate d'ammoniaque nous donne en effet, avec les betteraves riches le meilleur résultat au point de vue de la qualité, tandis que le contraire a lieu pour les betteraves pauvres. Quant au nitrate de soude, il l'emporte des deux côtés pour le rendement et en même temps pour la richesse avec les betteraves améliorées, mais la proportion de nitrate dans la racine est assez faible partout et les différences ne sont pas assez tranchées pour qu'il soit utile de les signaler.

Ce qui ressort le plus nettement de ce tableau, c'est la différence énorme qui existe entre les deux variétés de betteraves cultivées dans les mêmes conditions, sur le même sol et avec les mêmes engrais. Nous trouvons, en effet, en prenant les moyennes :

	race améliorée.	race ordinaire.
Densité.......................	5.7	4.1
Sucre..............	11.91	7.66
Sel pour 100 de sucre...........	4.35	8.62
Rendement.....................	41000	69000

or des betteraves ayant pour richesse saccharine 7,66 avec 8,62 de cendres alcalines pour 100 de sucre, sont absolument ruineuses

pour le fabricant; d'un autre côté sont-elles bien avantageuses pour le cultivateur? Il pourra trouver assez séduisant au premier abord ce rendement de 69.000 kilos, mais une déception l'attendra à la fabrique où on va lui faire 30 à 35 pour 100 de tare, ce qui réduira à 46.000 kilos son rendement rémunéré. Or ce poids, à 20 fr. représente une somme de 920 fr. Si maintenant on admet le prix de 20 fr. pour des betteraves à 5°, le fabricant peut très bien payer 23 fr. des betteraves à 5°,7, et l'on arrive ainsi pour le rendement de 41.000 kilos à la somme de 943 fr. Le cultivateur en mettant de bonnes betteraves recevrait donc au moins autant, et il aurait l'avantage d'éviter les contestations et les procès et de ne pas ruiner une industrie qui a fait la prospérité de notre agriculture.

Emploi de différents phosphates.

Nous nous proposions dans cette expérience faite encore à Aix, de rechercher l'influence de la forme sous laquelle l'acide phosphorique est donné au sol, en employant des phosphates de différentes natures ; mais la sécheresse du mois de mai ayant arrêté la levée, toutes les parcelles ont dû être semées de nouveau ce qui a jeté quelque trouble dans l'expérience. Nous croyons cependant pouvoir donner les résultats obtenus, mais avec réserves pour les rendements et sans déduire des chiffres trouvés aucune conclusion.

Chaque parcelle, en rapportant toujours à l'hectare, avait reçu 300 kilos d'un engrais complet, 500 kilos de nitrate de soude et 600 kilos de l'un des phosphates suivants dont nous avions d'abord déterminé la richesse en acide phosphorique soluble dans l'eau, soluble dans le citrate d'ammoniaque et insoluble dans ces deux liquides.

	AZOTE.	ACIDE PHOSPHORIQUE		
		soluble dans l'eau.	soluble dans le citrate.	insoluble.
Phospho-guano.........	2.59	16.5	1.0	0.0
Superphosphate Chilton..	»	11.6	0.5	1.4
Superphosphate A......	»	6.5	5.7	4.1
Superphosphate B.......	»	21.7	0.6	0.9
Phosphate précipité.....	»	1.3	12.6	24.1

L'arrachage a eu lieu à la fin d'octobre et nous avons obtenu les résultats consignés dans le tableau suivant :

PHOSPHATES employés.	Phospho-guano.	Phosphate Chilton.	Phosphate A.	Phosphate B.	Phosphate précipité.
Rendement à l'hectare.	48.000	38.000	53.000	37.000	41.000
Densité du jus........	4.4	4.4	4.7	4.0	4.3
Sucre par décilitre. ...	7.71	8.25	9.14	7.13	8.10
Quotient de pureté....	0.66	0.71	0.74	0.67	0.71

Les premières betteraves semées appartenaient à une variété riche; le manque de graines a dû faire employer en second lieu la variété ordinaire.

La terre sur laquelle on a opéré contenait pour 100 : 0,102 d'acide phosphorique, proportion qui serait peut-être suffisante dans le sol, pour la culture de la betterave.

Culture continue de la betterave

Les expériences commencées en 1870 sur la culture continue de la betterave ont été poursuivies sans interruption jusqu'à ce jour. L'une des deux parcelles consacrées à ces essais n'a reçu depuis onze ans que des engrais salins sans matières organiques, les feuilles mêmes de la plante ayant été enlevées du sol; l'autre n'a reçu aucune espèce d'engrais ni minéral ni organique. Les résultats des dix premières années ont été publiés dans le cinquième volume des *Annales*; voici ceux de 1880, c'est-à-dire de la onzième année :

	Engrais chimique.	Sans engrais.
Densité du jus........................	6.2	5.7
Sucre pour 100 de betteraves............	11.76	10.75
Carbonates alcalins....................	0.421	0.290
Chlorures alcalins......................	0.035	0.007
Total de ces sels.......................	0.456	0.297
Total de ces sels pour 100 de sucre.......	3.88	2.76
Rendement à l'hectare..................	50.000k	21.500k
Sucre à l'hectare.......................	5.880k	2.311k

La graine employée provenait de la betterave Dervaux et les distances étaient de 40 centimètres sur 25. Contrairement à ce qui est arrivé les années précédentes, la parcelle sans engrais a donné des betteraves un peu moins riches que l'autre, mais cela tient sans doute à ce que la levée s'y étant faite fort mal, beaucoup de betteraves on dû être repiquées ou resemées; il est même encore malgré cela resté des vides dont nous avons tenu compte dans l'évaluation du rendement pour ne pas troubler la comparaison des résultats. Le rendement a donc été obtenu en prenant le poids total, le nombre des racines, le poids moyen, et en multipliant ce dernier par 100.000 qui devait être le nombre des plantes à l'hectare s'il n'était pas resté de vides accidentels. Sur la parcelle à engrais le rendement réel différait fort peu du rendement ainsi évalué ; le placement était donc suffisamment régulier.

Ainsi avec une bonne graine, des engrais salins et *un nombre réel* de 10 plantes au mètre carré, on a pu obtenir après onze années de culture continue, un excellent rendement et une richesse qui peut être considérée comme exceptionnelle pour la campagne actuelle.

L'engrais employé se composait de :

Nitrate de soude	400kil.
Nitrate de potasse	300
Sulfate d'ammoniaque	100
Chlorure de potassium	100
Superphosphate de chaux	500

La hausse considérable éprouvée l'année dernière par les nitrates élève à 450 francs environ le prix de cet engrais, mais des betteraves ayant 6,2 de densité auraient été facilement acceptées pour le prix de 25 francs, ce qui aurait porté à 1250 francs le produit à l'hectare. Il est évident d'ailleurs que l'alternance des cultures permettrait de diminuer cette proportion d'engrais.

On ne peut donc pas dire que nos betteraves sont mauvaises en France parce que la terre n'est plus propre à ce genre de culture; elles sont mauvaises, avant tout, parce que l'on persiste à ne cultiver que cette variété rose, à peau lisse et sortant quelquefois à moitié de terre, qui, dans une année comme celle-ci, ne peut plus même être considérée comme une betterave à sucre; parce que l'on abuse du fumier et des engrais organiques dont l'action tardive prolonge l'activité de la vie végétale, alors que la rareté de la

lumière et sa moindre intensité arrêtent ou ralentissent l'élaboration du sucre; elles sont mauvaises enfin, à cause des vides nombreux résultant quelquefois d'une levée difficile, mais le plus souvent de l'irrégularité du placement. On admet bien aujourd'hui le nombre 10 au mètre carré comme étant le plus avantageux, et l'on trouve quelquefois ce nombre sur certaines parties d'un champ; mais si l'on comptait le nombre des racines à l'hectare, on verrait si cette moyenne est jamais atteinte.

Les conditions météorologiques dont on n'est pas maître auront toujours, sans aucun doute, une grande influence, mais on peut néanmoins, même dans les années les plus mauvaises, comme l'année actuelle, obtenir des degrés supérieurs à 5 avec des rendements rémunérateurs.

Le seul moyen d'en arriver là est d'adopter la vente à la densité, et il est réellement étrange de voir les cultivateurs la repousser avec tant d'obstination sous sa forme correcte et équitable, lorsqu'ils l'acceptent sans protester sous une forme détournée et parfaitement arbitraire, c'est-à-dire sous sa forme de tare.

Observations relatives aux températures et à l'humidité du sol.

Nous avons recherché, comme l'année dernière, à nous rendre compte des influences météorologiques sur le développement et la richesse de la betterave, et pour cela, en dehors des observations faites toute l'année en ville, près du laboratoire, d'autres ont été organisées au champ d'expériences même, du 1er mai à la fin d'octobre, sur la température de l'air, celle du sol et son humidité.

La température de l'air a été déterminée avec deux thermomètres maxima et minima de Tonnelot placés sous un abri semblable à celui de Montsouris, celle du sol avec deux thermomètres de même nature, placés sous gazon, à la profondeur de 30 centimètres, et avec deux autres placés sous terre nue, à la même profondeur. Les observations étaient faites chaque matin.

L'humidité du sol a été déterminée en prenant tous les dix jours un échantillon de terre à 5 centimètres et un autre à 30 centimètres de profondeur et en opérant la dessiccation à 110° dans une étuve. Les résultats ont été exprimés en litres pour des couches de terre d'un are et d'un centimètre d'épaisseur situées aux profondeurs

de 5 et de 30 centimètres, et l'on en a déduit, en prenant les moyennes, l'eau totale contenue dans la couche arable de 30 centimètres.

La terre sur laquelle ont été faites les observations est une terre peu argileuse, contenant 13 à 14 pour 100 de carbonate de chaux et à sous-sol calcaire. Les expériences relatives à l'humidité n'ont été faites que sur la terre dénudée. L'évaporation n'a pas été mesurée directement avec la terre, mais simplement avec l'évaporomètre Piche.

Nous nous bornons à donner dans le tableau ci-dessous les résultats obtenus après chaque période de dix jours.

Les résultats complets sont publiés dans notre *Bulletin météorologique du Pas-de-Calais pour l'année* 1880.

	SOMMES des températures moyennes.			EAU EN LITRES par are.		EAU DU SOL en litres par are.		
	A l'air.	Sous gazon.	Sous terre nue.	Tombée.	Evaporée.	A 5 cent.	A 30 cent.	Dans la couche de 30 c.
Avril.. 30						209	233	6630
Mai... 10	93	107	104	0	2210	171	214	5775
— 20	134	138	134	0	2930	119	210	4935
— 30	138	155	151	470	3630	106	167	4095
Juin... 9	121	138	135	2380	1810	238	222	6900
— 19	148	142	139	3800	1420	257	273	7950
— 29	155	157	156	2040	2170	224	249	7095
Juillet. 9	152	158	158	3300	2120	252	258	7650
— 19	181	171	172	1290	2360	203	238	6615
— 29	172	173	181	1680	2560	206	237	6645
Août.. 8	145	167	163	2800	2170	252	241	7395
— 18	190	179	176	360	2170	197	221	6270
— 28	202	190	192	740	2100	207	226	6495
Sept... 7	191	189	193	1950	2130	247	222	7035
— 17	152	164	158	2330	1330	271	242	7695
— 27	143	144	137	2730	1030	231	749	7200
Oct.... 7	127	134	126	3200	820	274	277	8265
— 17	92	123	115	760	800	249	269	7770
— 27	60	83	77	5320	670	280	292	8580
Moyennes.	144	150	148	1952	1913	220	239	

On voit qu'à la profondeur de 30 centimètres, la température du sol suit encore assez bien les variations de la température extérieure.

Les extrêmes présentent naturellement à l'air des différences

beaucoup plus grandes que dans le sol, mais les moyennes de dix jours diffèrent peu et les moyennes générales demeurent presque les mêmes, comme l'indique le rapprochement suivant :

	Moyennes générales des six mois.	Différences des moyennes extrêmes de dix jours.	Différences des températures extrêmes observées.
A l'air libre.....	14.4	14.2	33.4
Sous terre nue..	14.8	11.6	15.4
Sous gazon	15.0	10.7	13.7

Il résulte aussi du tableau précédent que la quantité d'eau perdue ou gagnée par la couche arable est bien loin de correspondre aux quantités de pluie tombées ou aux quantités d'eau évaporées. Le sous-sol est un réservoir qui non seulement absorbe les excédants d'humidité du sol, dans les temps de grande pluie, mais aussi lui fournit abondamment l'eau qui lui manque, dans les époques de sécheresse. Cette observation était surtout intéressante à faire après les quarante jours de sécheresse qui ont eu lieu à la fin d'avril et dans le courant de mai et qui laissaient encore à la couche arable d'un are, 4095 litres d'eau, tandis qu'après les pluies abondantes de septembre et d'octobre, cette proportion ne s'est élevée qu'à 8580 litres.

Nós observations ayant commencé le 30 avril, nous pouvons diviser en quatre périodes la saison pendant laquelle elles ont eu lieu.

Dans la première, allant du 30 avril au 30 mai, les températures moyennes sont de 123 à l'air libre et de 133 sous le sol gazonné. La sécheresse est excessive; il ne tombe que 470 litres d'eau. tandis que l'évaporation est de 8770 litres. La perte éprouvée par le sol serait donc de 8300 litres, en admettant que les chiffres trouvés avec l'èvaporomètre Piche se rapprochent suffisamment de ceux que donnerait l'évaporation à la surface même du sol [1]. Or la perte de la couche arable n'a été que de 2535 litres; elle a donc emprunté au sous-sol 5765 litres d'eau.

La seconde période comprise entre le 30 mai et le 9 juillet, c'est-à-dire comprenant quarante jours, est au contraire une période de pluies abondantes. Les températures moyennes sont de 14,4 à l'air

1. Cette concordance n'aurait lieu, il est vrai, que dans certains cas particuliers, la perte d'eau sur sol nu étant moindre qu'avec l'évaporomètre et lui étant au contraire supérieure sur un sol cultivé, à cause de la transpiration végétale.

et de 149 sous gazon; il tombe 11520 litres d'eau, l'évaporation est de 7520 litres; il y a donc pour le sol un gain de 4000 litres; l'humidité de la couche arable augmente de 3555 litres; cette couche retient donc presque toute l'eau tombée afin de reprendre son état normal; elle n'a presque rien à abandonner au sous-sol.

La troisième période comprise entre le 9 juillet et le 7 septembre et comprenant un espace de soixante jours, est la partie la plus chaude de l'année; les températures moyennes s'élèvent à 18°0 à l'air et à 17°8 sous gazon; ce n'est ni une période de sécheresse comme la première, ni une période de pluie comme la seconde; il tombe 8820 litres d'eau et l'évaporation s'élève à 14490 litres; le sol a donc perdu 5670 litres; cependant nous trouvons que l'humidité de la couche arable est restée à peu près stationnaire; elle n'a perdu que 615 litres; le sous-sol a donc fourni 5055 litres d'eau.

Enfin, dans la quatrième période, d'une durée de cinquante jours et allant du 7 septembre au 27 octobre, les températures moyennes descendent à 12°,8 à l'air libre et à 14°,1 sous sol gazonné. Il tombe 14340 litres d'eau, tandis que l'évaporation s'abaisse à 4650 litres. La terre a donc absorbé 9690 litres; mais cette fois le sol arable est presque saturé: il ne retient que 1545 litres et en abandonne par conséquent 8145 au sous-sol.

Il faut noter surtout la différence énorme qui existe entre les chiffres qui représentent l'évaporation dans la troisième et dans la quatrième période et qui, ramenés à un même nombre de jours, seraient de 11280 et 3980. L'évaporation a donc été trois fois moindre dans la dernière période que dans la précédente, et il est vraisemblable que ce ralentissement dans l'un des phénomènes les plus importants de la vie végétale a dû avoir une certaine influence sur les plantes encore en terre à la fin de la saison et particulièrement sur la mauvaise qualité de la betterave dont nous avons surtout à nous occuper ici.

L'année 1880 a été pour la betterave une année ordinaire, au point de vue du rendement, mais une des plus mauvaises années, au point de vue de la qualité. La sécheresse extrême de mai a beaucoup retardé la levée et un grand nombre de champs ont dû être semés de nouveau; juin a été très pluvieux et aussi très couvert, conditions favorables au développement de la plante, mais contraires à l'élaboration du sucre. Juillet a été plus favorable, mais

l'influence funeste des deux premiers mois avait déjà compromis la plante. Au commencement d'août on trouvait plus de poids et moins de richesse que les années précédentes et un développement relatif de feuilles plus considérable. Cette abondance de feuilles, dont la formation avait dû appauvrir la racine, aurait sans doute relevé le titre saccharimétrique, si la fin de la saison eût été favorable; c'est ce qui a eu lieu en effet dans le mois d'août pendant la durée duquel une notable amélioration a été apportée à la plante mais à partir du 7 septembre, le temps constamment sombre, pluvieux et chaud est venu ralentir le travail des feuilles, tout en favorisant encore le développement général de la plante, et il est devenu évident alors que la racine resterait pauvre.

D'après les observations de M. Marié-Davy, la somme des températures moyennes de mai à septembre pendant les huit années précédentes a été de 2,500, et en 1880 de 2,602; tandis que la somme des degrés actinométriques représentant l'intensité de la lumière a été au contraire de 6,337 pour les huit années précédentes et de 6,089 seulement pour 1880.

Ce sont bien là, comme le fait observer M. Marié-Davy, des conditions désavantageuses pour l'année actuelle. Ces conditions générales, avec le retard apporté par la sécheresse de mai, le temps humide et obscur de juin et surtout le temps chaud, humide et couvert de septembre, permettent d'expliquer la pauvreté de la racine récoltée dans la campagne actuelle.

DOSAGE DU SUCRE CRISTALLISABLE

EN PRÉSENCE DU GLUCOSE ET DE LA DEXTRINE

Par H. PELLET.

Lorsqu'on cherche dans les nombreuses méthodes indiquées dans les divers ouvrages, un procédé de détermination du sucre cristallisable en présence de la dextrine et du glucose, on ne trouve rien de net.

Notre travail a surtout eu pour but le dosage du sucre cristallisable dans les sirops, confitures, gelées, etc., dans lesquels il peut se trouver tout à la fois :

1° Du sucre cristallisable ;

2° Du sucre interverti provenant de l'action de l'acidité normale du fruit sur le sucre cristallisable ;

3° Du glucose provenant d'un sirop de fécule qui a pu être ajouté en remplacement partiel du sucre ;

4° De la dextrine provenant du sirop de fécule.

Nous croyons avoir maintenant un procédé simple pour arriver à une détermination aussi exacte que possible de ces diverses substances.

Le principe de notre procédé est le suivant :

L'acide acétique en quantité suffisante peut toujours, après un certain temps, transformer complètement le sucre cristallisable en sucre interverti, sans attaquer la dextrine et autres produits pouvant donner du glucose sous l'action des acides minéraux même très dilués.

Dans un travail très intéressant, le docteur Behr [1] a montré que l'acide acétique agissait faiblement sur le sucre cristallisable.

Ainsi après une heure jusqu'à 50°, 1 0/0 d'acide acétique a été pour ainsi dire sans action sur le sucre cristallisable. A 97° (au bain-marie), après une heure, il restait encore 43, 3 0/0 du sucre cristallisable employé.

Mais d'après nos essais, nous avons reconnu qu'on peut arriver à l'inversion complète d'une certaine quantité de sucre cristallisable :

1re série d'expériences :

1° On a mis 10cc d'une solution de sucre à 10 0/0 (ou 1 gr. de sucre) + 10cc d'acide acétique pendant une demi heure.

2° On a mis 10cc d'une solution de sucre à 10 0/0 (ou 1 gr. de sucre) + 10cc d'acide acétique pendant une heure.

On a fait ensuite 200cc. Il a fallu dans le premier cas 5cc,5 pour décolorer 5cc de liqueur Viollette (dont 10cc = 0,05 de sucre), et dans la deuxième expérience 5cc. Donc après une heure, la transformation était complète.

2° série d'expériences :

On a mis un sirop de fécule dont 50cc correspondaient à 1gr,07 de sucre cristallisable (dosage direct par la liqueur cuivrique).

1. *Zeitschrift d. ver. für d. Rubenzucker industrie. Deutsch-Reichs*, page 778 (1874), et *Journal des fabricants de sucre*, du 3 mai 1876.

On a eu :

	Sucre cristallisable total.
3° En ajoutant à 50^{cc} de la liqueur du sirop, 1^{cc} d'acide acétique + 1 gr. de sucre pendant une demi-heure au bain-marie..............	GR. 1.25
4° En ajoutant à 50^{cc} de la liqueur du sirop, 1/2^{cc} d'acide acétique + 1 gr. de sucre au bain-marie pendant une heure..................	1.39
5° En ajoutant à 50^{cc} de la liqueur du sirop, 1 0/0 d'acide acétique + 1 gr. de sucre au bain-marie pendant une heure..................	1.66
6° En ajoutant à 50^{cc} de la liqueur du sirop, 5 0/0 d'acide acétique + 1 gr. de sucre au bain-marie pendant une demi-heure..............	1.72
7° En ajoutant à 50^{cc} de la liqueur du sirop, 10 0/0 d'acide acétique + 1 gr. de sucre au bain-marie pendant une demi-heure......	2.02

Or, on avait mis 1 gramme de sucre. On a retrouvé 2^{gr}02 1^{gr}07 = 0^{gr}95.

3e Série d'expériences :

Dans cette série on a voulu savoir si l'acide acétique seul n'attaquerait pas les substances contenues dans le sirop de fécule :

On a mis :

8° 50^{cc} d'une solution de sirop de fécule étendu dans 200^{cc} (qui ont donné un titre direct correspondant pour les 200^{cc} à 2^{gr}170 de sucre cristallisable).	GR.
9° 50^{cc} de la même solution chauffés une heure au bain-marie ont donné,	2.170
10° 50^{cc} de la même solution de sirop de glucose auxquels on a ajouté 10^{cc} d'acide acétique chauffés une heure au bain-marie ont donné encore le titre..	2.170
11° 50^{cc} de la solution de sirop de fécule additionnés de 11^{cc} d'une solution sucrée à 10 0/0 de sucre, soit 1^{gr}1 de sucre, puis de 10^{cc} d'acide acétique chauffés une heure au bain-marie, ont fourni pour les 200^{cc} de solution totale uné quantité de sucre cristallisable correspondant à..	3.275
Or, dans les 50^{cc} de sirop de fécule, il y avait eu une réduction correspondant à (expérience n° 8)..................................	2 170
Différence en sucre cristallisable	1.105
On avait mis en sucre cristallisable......	1.100
Différence..........	0.005

Donc non seulement tout le sucre cristallisable avait été transformé en glucose, mais la dextrine n'avait pas été influencée par l'acide acétique.

Nous nous sommes assurés qu'en prolongeant l'action de l'acide acétique et en augmentant la dose de cet agent, les résultats étaient identiques.

Il est donc facile, d'après cela, de faire des dosages de sucre cristal-

lisable dans les mélanges de ce corps avec la glucose et la dextrine.

Prenons, par exemple, un sirop à 66 0/0 de principes sucrés.

On pèsera 10 grammes de matière qu'on délayera dans de l'eau tiède, et l'on complétera le volume de 100cc après refroidissement. Si le sirop est acide, il y aura lieu de mettre avec l'eau quelques particules de carbonate de chaux pur afin de saturer l'acidité au fur et à mesure de la dissolution et éviter une transformation; si besoin est, on filtre les 100cc.

On mesure ensuite 10cc de cette solution qu'on étend dans 100cc d'eau et on opère tout de suite le titrage à l'aide de la liqueur cuivrique. On a la quantité de glucose ou de sucre interverti préalablement existante dans le sirop.

Si la solution paraît trop étendue on opère une nouvelle dissolution en prenant 20cc de la solution primitive dans 100cc.

On mesure ensuite 10cc ou 20cc de la solution primitive auxquels on ajoute 10cc d'acide acétique, et on met le tout au bain-marie une heure et demie à deux heures afin d'être certain de la transformation complète.

Il est bon de placer au-dessus du ballon un bouchon de liège ou de caoutchouc portant un grand tube destiné à condenser la plus grande partie du liquide évaporé, et en outre de procéder à deux opérations en même temps, l'une chauffée une heure et demie, l'autre deux heures ou deux heures et demie. Après quoi on complète le volume de 100 et l'on titre le glucose et le sucre cristallisable. Enfin on prend encore 10 à 20cc de la solution primitive du sirop et l'on complète 50cc. On ajoute 3gr5 à 4 gr. d'acide sulfurique et on chauffe au bain-marie une heure et demie.

Toute la dextrine est transformée en glucose.

On complète le volume de 100 et l'on titre une dernière fois : on a le sucre cristallisable, le glucose et la dextrine.

En résumé : 1° L'*acide sulfurique* attaque le sucre et la dextrine et le dosage par la liqueur cuivrique fournit le dosage total, du *sucre*, du *glucose* et de la *dextrine*.

2° *L'acide acétique* transforme seulement le sucre cristallisable. Le dosage par la liqueur cuivrique indique donc seulement le *glucose* préexistant et le *sucre cristallisable* interverti. La différence en glucose est convertie suivant la formule en *dextrine*.

3° L'essai par la liqueur cuivrique sans acide fournit le *glucose*. Donc la différence avec l'essai n° 2 indique le *sucre cristallisable*.

NOTE SUR LA FABRICATION INDUSTRIELLE DE L'AZOTINE

Par A. LADUREAU

Directeur de la station agronomique du Nord.

L'*Azotine*, tel est le nom donné par son inventeur à une nouvelle matière fertilisante, digne en tous points d'appeler l'attention des cultivateurs et des agronomes, et dont nous allons à ce titre décrire la préparation.

Dans toutes les nations civilisées, l'homme couvre son corps de vêtements qui peuvent être rangés, quel que soit leur luxe ou leur pauvreté, en trois grandes catégories :

1° Les vêtements uniquement composés de fibres animales, soie, laine, poil de chèvre ou de chameau, etc.;

2° Les tissus qui ne renferment que des fibres végétales, telles que le coton, le lin, le chanvre, le jute, le phormium, l'ortie de Chine, etc. ;

3° Enfin les tissus qui sont faits avec un mélange de fibres végétales et de fibres animales ; parmi ceux-ci, les étoffes en chaîne coton et trame laine occupent un des premiers rangs.

Lorsque, par suite de l'usage, ces vêtements ne peuvent plus être portés, même par les nécessiteux, ils tombent fatalement dans la rue et de là dans la hotte du chiffonnier. Or, comme dans les civilisations avancées comme la nôtre, rien ne doit se perdre, on recueille avec soin tous ces débris et l'on en fait l'objet d'un commerce considérable, commerce qui se chiffre par millions, et qui intéresse si vivement nos législateurs, qu'ils ont cru devoir l'empêcher de se répandre au dehors, en frappant tous ces déchets de droits de sortie considérables, presque égaux à leur valeur vénale.

Que fait-on donc de ces débris sans nom, de ces loques hideuses que nul des lecteurs de cette Revue ne voudrait toucher même avec des gants ? Ce que l'on en fait, le voici : avec les déchets de la première catégorie convenablement lavés, dégraissés et dépouillés autant que possible de toutes les impuretés dont ils sont chargés, on fait ce que l'on appelle de *la renaissance*, c'est-à-dire qu'on les détisse, en les effilochant brin à brin, mécaniquement, puis on les refile et retisse à nouveau pour faire de médiocre drap, vendu bon

marché, auquel cependant l'habileté de l'industriel sait souvent donner l'apparence du drap neuf et de bonne qualité.

Les déchets de la seconde catégorie, triés à la main et soigneusement dépouillés de tout tissu animal, sont emballés en balles pressées et dirigés sur les papeteries qui les payent un bon prix. Ils servent à la confection de tous les papiers, depuis le papier de luxe sur lequel nous écrivons nos lettres jusqu'au papier qui recouvre nos murailles.

Seuls, les chiffons de la troisième catégorie sont presque dénués de valeur. Ils sont impropres à l'effilochage par suite de la nature différente des fibres qui les composent, et ils ne peuvent convenir non plus à la papeterie, la laine ne se laissant pas réduire en pâte à papier comme le coton ou le lin.

On ne les utilisait donc jusqu'ici que pour l'engrais, pour la fertilisation des terres. On les déchiquetait alors en petits morceaux et on les enterrait à une faible profondeur, en les éparpillant aussi également que possible à la surface des champs; mais outre que cette répartition présentait de grandes difficultés, comme les tissus entiers mettaient un temps relativement assez long à se décomposer et à produire leur effet sur la végétation, et par suite ne couvraient que difficilement les frais d'achat et de main-d'œuvre, peu de cultivateurs consentaient à les employer.

On songea alors à tirer parti de l'une des deux fibres en sacrifiant l'autre : tantôt on détruisait la laine, en la faisant dissoudre dans des alcalis caustiques à chaud, et l'on jetait à la rivière le brouet noirâtre produit par cette dissolution fortement alcaline. (Nous connaissons un papetier qui, depuis vingt ans, a fait couler ainsi des millions de kilogr. de laine, c'est-à-dire d'engrais, à la rivière.) Tantôt, et c'est le cas le plus fréquent, on attaquait le coton par un acide énergique soit liquide, soit gazeux, on le réduisait en poussière et l'on reprenait la laine qui, après maints lavages et séchages, était de nouveau filée et tissée.

Jusqu'ici donc l'utilisation d'une fibre occasionnait la destruction de sa voisine, sans aucune utilité pour personne.

Cet écueil est complètement évité dans la préparation de l'azotine.

La préparation de ce nouveau corps est fondée, en effet, sur ce fait, que la laine, la soie, les fibres animales en un mot, soumises

durant quelques heures à l'action de la vapeur d'eau à une température élevée et sous une pression assez forte, subissent une modification profonde, une sorte de décomposition analogue à celle que produit sur les mêmes fibres l'action des alcalis caustiques.

Elles se transforment en une masse brune qui rappelle un peu le caramel, et sont devenues complètement solubles dans l'eau, même à froid, je dirai même plus : presque déliquescentes. Il suffit d'évaporer à sec le liquide brunâtre obtenu par l'action de la vapeur d'eau sur la laine et rassemblé au fond des digesteurs, pour obtenir un corps brillant, sec, à cassure conchoïde, et qui absorbe rapidement l'humidité de l'air : c'est ce corps qui constitue l'*azotine*.

L'opération est des plus simples. Elle consiste à remplir complètement des tissus mixtes de grandes chaudières autoclaves, susceptibles de résister à une forte pression et dans lesquelles on peut faire arriver de la vapeur. Lorsque tout est bien disposé, on ouvre les robinets de vapeur et l'on maintient le tout durant sept heures à la température de 150° centigrades et sous la pression de 5 à 6 atmosphères. Ce temps écoulé, la cuisson est faite. On ferme les robinets de vapeur, on ouvre ceux de décharge et l'on retire les chiffons qui sont soumis à un lessivage méthodique à l'eau chaude afin d'enlever les dernières traces d'azotine. On les sèche, on les bat et on les livre à la papeterie, qui peut alors les utiliser et les paye aussi cher que les meilleurs chiffons pur coton ou lin. Quant au liquide du lavage, il est réuni aux eaux de vidange des digesteurs et évaporé à sec dans des chaudières spéciales dans le vide et à basse température, afin d'éviter une ébullition dangereuse et des projections à la fin de l'opération. On mélange alors l'azotine avec des phosphates, avec des sels de potasse, avec des absorbants divers, ou bien on la vend en poudre grossière qui ressemble un peu à du sang desséché.

Le produit ainsi obtenu est loin d'être pur. Il renferme une grande partie des impuretés dont les chiffons et déchets qui lui ont donné naissance sont souvent chargés. Aussi n'avons-nous trouvé dans les différentes analyses que nous en avons faites qu'une richesse en azote sensiblement inférieure à celle que nous aurions dû rencontrer, si le produit avait été préparé avec de la laine pure. Voici une des analyses les plus faibles :

Humidité	6,60
Matière organique azotée pure	58,12
Coton et matières organiques diverses non azotées.	11,68
Sable, terre, impuretés diverses	23,60
Azote 9,20 p. 100	100,00

Dans d'autres échantillons préparés avec plus de soin, nous avons trouvé jusqu'à 11 et 12 p. 100 d'azote. Nul doute que lorsque l'on sera parvenu à séparer par filtration ou par simple décantation la dissolution animale des impuretés diverses qu'elle tient en suspension, on fabriquera des produits qui renfermeront de 13 à 15 p. 100 d'azote.

Or l'azote engagé dans cette nouvelle combinaison étant entièrement soluble dans l'eau, nous pensons que l'on peut lui donner la même valeur que le commerce lui assigne dans le sang desséché, c'est-à-dire, 2 fr. 50 le kilogr. environ.

L'azotine à 12 p. 100 d'azote vaudrait donc 30 fr. les 100 kilogrammes.

Nous avons essayé ce nouvel engrais cette année sur un de nos champs d'expériences de betteraves, et nous avons pu constater qu'il ne le cède en rien à ses devanciers et qu'il est d'un effet aussi prompt, aussi actif que le meilleur guano.

La circonstance la plus intéressante, au point de vue industriel, de cette nouvelle fabrication, réside en ce que, par suite de la plus-value considérable qu'acquièrent les fibres végétales dépouillées de fibres d'autre nature, les frais de la fabrication sont complètement couverts et que l'azotine est donnée au fabricant à titre de bénéfice net. Or, pour une fabrication moyenne de 6000 kilogr. par jour, produisant environ 2000 kilogr. d'azotine à 30 fr. les 100 kilogr., c'est, comme on le voit, un bénéfice net de 600 fr. par jour, bénéfice honorablement acquis, en rendant en outre un véritable service à l'agriculture qui se trouve ainsi dotée d'un nouvel et riche engrais.

Si l'on réfléchit qu'il faut environ 50 kilogr. d'azote pour obtenir la récolte d'un hectare de froment, l'hectare de cette céréale rapportant 30 hectolitres de grain, c'est donc 60 litres de blé par kilogr. d'azote. L'inventeur produisant par jour près de 180 kilogr. d'azote, offre par conséquent à la consommation l'élément de pro-

duction de 100 hectolitres de blé : c'est 30 000 hectolitres par année de travail. La consommation de l'homme, sous notre climat, étant environ de 2 hectolitres par individu, c'est donc le pain de quinze mille hommes pendant une année, que produit l'usine en question.

Nous croyons cette découverte de nature à rendre de grands services à l'agriculture, par l'utilisation de quantités considérables de résidus jusqu'ici presque sans valeur et sans emploi, et nous la croyons, par conséquent, appelée à un très grand développement.

PRAIRIES ET IRRIGATIONS DES VOSGES

PAR

M. BOITEL

Inspecteur général de l'Agriculture.

D'après la statistique de 1873, l'étendue des prairies naturelles du département des Vosges s'élève au chiffre de 92 979 hectares pour une surface de 245 778 hectares de terres labourables. Parmi nos 87 départements, celui des Vosges occupe le sixième rang sous le rapport de l'étendue des prairies naturelles ; il vient après les départements de Saône-et-Loire, de la Dordogne, de la Loire-Inférieure, du Calvados et du Doubs. Il est classé au contraire en troisième ligne pour la proportion qui existe entre les prairies et les terres cultivées. Un hectare de prairie correspond à 2^h,60 de terres labourables dans les Vosges, à 2^h,20 dans la Loire-Inférieure et à 2^h,10 dans le Doubs. Quand on songe que beaucoup de départements n'ont pas en prairies naturelles la dixième partie des terres cultivées, on voit que celui des Vosges est rangé parmi ceux qui, sous ce rapport, sont les plus riches et les plus favorisés.

Il n'est pas en France de prairies plus renommées que celles de ce département. Nulle part on n'apporte plus de soins à leur entretien et à leur irrigation. Presque toutes sont de bonne nature, grâce à la qualité des eaux qui les arrosent et à la fertilité naturelle du sol. On les rencontre d'ailleurs dans les conditions les plus

variées de terrain, d'inclinaison et d'altitude. Ces prairies sont généralement composées de bonnes espèces végétales, qu'on les observe au fond des vallées, dans les alluvions modernes des rivières, ou sur les flancs des coteaux dans les diverses formations géologiques de ce département.

Dans la région des plateaux et des montagnes, le sol dérive tantôt de la désagrégation des granits, tantôt des couches siliceuses, marneuses ou calcaires des formations triasiques et jurassiques. Ces conditions géologiques si variées et si complexes ont donné lieu à des terres éminemment propres à la pousse de l'herbe et à des eaux toujours fécondantes, quand la main de l'homme sait judicieusement les utiliser. Ajoutons que généralement les terrains sont légers et perméables, condition qui facilite l'absorption de l'eau et l'assainissement des parties irriguées.

Dans toute la région montagneuse des Vosges, où l'on trouve la plus forte proportion de prairies, règne le climat désigné sous le nom de climat vosgien, qui est, comme celui de l'Auvergne et du Limousin, le plus froid et le plus humide de la France. A Épinal, à l'altitude de 326 mètres, on compte en moyenne 86 jours de gelée, 123 jours de pluie qui donnent une couche d'eau de $0^m,70$, laquelle s'élève à 1 mètre et $1^m,70$ dans les vallées supérieures des Vosges. La température moyenne annuelle est de $9^o,6$; c'est un degré de moins qu'à Paris. L'écart entre les minima et les maxima est considérable comme dans les pays de montagnes. L'hiver, le thermomètre tombe facilement à 25° au-dessous de zéro, tandis qu'il peut s'élever en été à 36 ou 35° au-dessus de zéro. Ces conditions climatologiques, qui varient d'ailleurs d'une localité à une autre, exercent naturellement une grande influence sur la végétation des prairies et sur les pratiques des irrigations, dont les effets varient, comme on le sait, avec la répartition des pluies, la fréquence des gelées, l'intensité de la lumière solaire et l'élévation de la température.

Dans cette étude, nous ferons ressortir principalement la composition spécifique des prairies. Nous noterons avec beaucoup d'attention toutes les plantes qui entrent pour une proportion appréciable dans la composition du foin; leur abondance relative sera représentée par des dixièmes ou des fractions de dixièmes, dans l'hypothèse que le foin tout entier équivaudra à 10 dixièmes. Nous décrirons également les procédés d'arrosage si variables, suivant les conditions topographiques de chaque localité et suivant qu'on

veut utiliser les eaux de rivière, de source, de pluie ou de féculerie. Après avoir étudié les prairies des vallées et celles des montagnes, nous consacrerons quelques pages à des prairies de plus récente formation dont les travaux d'amélioration et d'arrosage n'offrent aucune analogie avec ceux des autres prairies des Vosges. Enfin nous citerons quelques exemples de prairies devenues mauvaises par l'incurie de ceux qui les exploitent.

Comme conclusion de toutes nos observations, nous dresserons le tableau général de la végétation spontanée des prairies, et nous en déduirons les règles à suivre dans la création, l'entretien et l'arrosage des prairies, pour ceux qui tiennent à réunir l'abondance à la bonne qualité de la récolte.

Étudions d'abord les prairies les plus importantes, celles des principales vallées des Vosges.

I

Prairies des vallées.

Ces prairies ont été étudiées et analysées dans le mois de juin, quelques jours avant le fauchage, c'est-à-dire à l'époque la plus favorable pour déterminer exactement les espèces dominantes et leurs proportions respectives dans la composition de la récolte.

Prenons d'abord nos premiers types dans la vallée de la Moselle, qui est la plus étendue et la plus importante du département des Vosges.

A Bussang, au point le plus élevé de la vallée, à 624 mètres d'altitude, voici de quelles plantes se compose l'une des meilleures prairies de la localité.

GRAMINÉES... 7/10	Agrostis commune..........	*Agrostis vulgaris*.....	4/10
	Fétuque des prés...........	*Festuca pratensis*.....	2/10
	Fromental..................	*Avena elatior*........	
	Houlque laineuse...........	*Holcus lanatus*........	1/10
	Cretelle.....................	*Cynosurus cristatus*...	
	Avoine des prés............	*Avena pratensis*.....	
	Avoine jaunâtre............	*Avena flavescens*....	
LÉGUMINEUSES. 1/10	Trèfle des prés.............	*Trifolium pratense*....	1/10
	Trèfle Blanc...............	*Trifolium repens*.....	
	Lotier corniculé...........	*Lotus corniculatus*....	

PLANTES DIVERSES.. 2/10	Bistorte....................	*Polygonum Bistorta*...	2/10
	Berce......................	*Heracleum sphondylium.*	
	Salsifis des prés............	*Tragopogon pratensis*..	
	Bardane	*Lappa major*..........	
	Pimprenelle...............	*Poterium Sanguisorba*.	
	Crête de coq..............	*Rhinanthus cristagalli.*	
	Patience...................	*Rumex Patientia*.....	
	Campanule à feuille de lin..	*Campanula linifolia*...	
	Colchique d'automne........	*Colchicum autumnale*..	

On peut reprocher à cette composition la prédominance de l'Agrostis. C'est une sorte de chiendent d'une nature envahissante et nuisible au développement des autres graminées. Elle a en outre l'inconvénient d'être tardive et de n'être pas mûre en même temps que les autres graminées.

Parmi les plantes diverses formant le 1/5 du foin, on en compte cinq mauvaises : la bistorte, la bardane, la crête de coq, la patience et le colchique, mais elles sont peu abondantes et ne s'aperçoivent guère dans l'herbe desséchée.

Un barrage sur la Moselle, un canal de dérivation et des rigoles de pente, permettent d'arroser la prairie aussi souvent et aussi copieusement que cela est nécessaire, pour assurer le succès et l'abondance de la récolte. Grâce à la perméabilité du sol, à l'inclinaison régulière des surfaces et aux canaux de décharge convenablement distribués, la prairie s'assainit et se ressuie promptement, dès qu'en fermant les vannes de distribution les eaux de la rivière cessent d'y entrer par le canal d'alimentation.

Cette prairie donne, année moyenne, 5 000 kilogr. de foin en première coupe et 2 500 de regain. C'est un foin marchand, toujours classé parmi les foins de bonne qualité.

Un peu plus bas en suivant la même vallée, à Saint-Maurice-sur-Moselle, une prairie d'une bonne réputation et arrosée par l'eau de la rivière offre la composition suivante.

GRAMINÉES... 5/10 DU FOIN.	Agrostis commune.........	*Agrostis vulgaris*......	2/10
	Houlque laineuse..........	*Holcus lanatus*.........	1/10
	Fromental................	*Avena elatior*..........	
	Avoine jaunâtre...........	*Avena flavescens*.......	1/10
	Flouve odorante...........	*Anthoxanthum odoratum*	
	Cretelle..................	*Cynosurus cristatus*.....	
	Dactyle....................	*Dactylis glomerata*.....	1/10
	Fétuque durette...........	*Festuca duriuscula*.....	
	Brize.....................	*Briza media*...........	
	Phalaris colorata, seulement	dans les rigoles d'arrosage.	

LÉGUMINEUSES. 1/10	Trèfle des prés	*Trifolium pratense*	1/10
	Petit trèfle jaune	*Trifolium filiforme*	
	Trèfle blanc	*Trifolium repens*	
	Lotier corniculé	*Lotus corniculatus*	
PLANTES DIVERSES.. 4/10	Pimprenelle	*Poterium Sanguisorba.*	
	Reine des prés	*Spiræa ulmaria.*	
	Patience	*Rumex Patientia.*	
	Salsifis des prés	*Tragopogon pratensis.*	
	Scabieuse	*Scabiosa succisa.*	
	Chrysanthème	*Chrysanthemum leucanthemum*	
	Berce	*Heracleum sphondylium.*	
	Bistorte	*Polygonum Bistorta*	
	Cerfeuil à feuilles de ciguë.	*Chærophyllum Cicutaria.*	
	Jacée	*Centaurea jacea.*	
	Alchemille	*Alchemilla vulgaris.*	
	Phyteuma en épi	*Phyteuma spicatum.*	
	Colchique d'automne	*Colchicum autumnale.*	
	Renoncule âcre	*Ranunculus acris.*	

Même terrain, mêmes eaux et mêmes procédés d'irrigation qu'à la prairie de Bussang citée précédemment. Le rendement en foin est analogue, la qualité n'est pas mauvaise, cependant ce foin est moins bon que celui de Bussang, les graminées y entrent en moindre proportion, et on y voit les plantes diverses en plus grande quantité.

On y aperçoit quatre mauvaises plantes : la patience, la bistorte, le colchique et la renoncule. Elles n'y sont pas en assez grande quantité pour nuire sensiblement à la bonne qualité du foin ; sur le marché des foins elles passent inaperçues.

Descendons la même vallée jusqu'à Saint-Nabord et examinons la composition d'une vaste prairie placée sous la direction d'une association syndicale, constituée dans cette commune pour la bonne exploitation des prés irrigués par les eaux de la Moselle. Ces prés constituent ensemble une surface d'environ 50 hectares. Voici les plantes dont ils sont composés :

GRAMINÉES... 5/10	Houlque laineuse	*Holcus lanatus*	2/10
	Dactyle	*Dactylis glomerata*	1/10
	Fromental	*Avena elatior*	
	Flouve odorante	*Anthoxanthum odoratum.*	
	Cretelle	*Cynosurus cristatus*	1/10
	Fétuque des prés	*Festuca pratensis*	
	Raygrass vivace	*Lolium perenne*	
	Brize	*Briza media*	1/10
	Paturin des prés	*Poa pratensis*	
	Agrostis commune	*Agrostis vulgaris*	
LÉGUMINEUSES.	Un peu de lotier corniculé.		

PLANTES DIVERSES.. 5/10	Chrysanthème.............	*Chrysanthemum leucanthemum.*
	Scabieuse.................	*Scabiosa succisa.*
	Sanguisorbe..............	*Sanguisorba officinalis.*
	Salsifis des prés...........	*Tragopogon pratensis.*
	Crête de coq..............	*Rhinanthus cristagalli.*
	Berce.....................	*Heracleum sphondylium.*
	Renoncule âcre......... ..	*Ranunculus acris.*
	Renoncule flammette......	*Ranunculus flammula.*
	Fleur de coucou...........	*Lychnis flos cuculi.*
	Patience..........	*Rumex Patientia.*
	Campanule à feuille de lin.	*Campanula linifolia.*

Cette prairie présente cette particularité d'être pour ainsi dire privée de légumineuses. Cette disparition n'est sans doute qu'accidentelle, les rigueurs exceptionnelles de l'hiver de 1880 ont dû én détruire une certaine quantité. Un excès d'eau résultant d'irrigations trop fréquentes, trop continues et trop abondantes, peut également anéantir les trèfles et les autres légumineuses qui redoutent les surfaces humides et mal assainies.

Ce foin, tel qu'il est, n'est pas de mauvaise qualité. Aucune plante nuisible n'y est dominante; la patience, la crête de coq et les renoncules n'entrent que pour une faible proportion dans ce foin, composé en grande partie d'espèces nutritives et recherchées du bétail.

Il y a soixante ans, cette magnifique prairie n'était qu'un maigre pacage caillouteux, d'un revenu à peu près nul. Deux barrages établis sur la Moselle, deux canaux de dérivation et des rigoles de distribution, le tout ayant coûté environ 150 000 francs, ont opéré cette merveilleuse transformation et procuré de grands avantages aux nombreux propriétaires qui font partie de cette association syndicale.

Cet exemple démontre combien les irrigations sont avantageuses quand on dispose de bonnes eaux très abondantes et applicables à de grandes surfaces convenablement disposées pour les recevoir et les absorber au profit des plantes. — Cette prairie rapporte en moyenne 5 000 kilogr. de foin par hectare pour la première coupe. Le regain en donne moitié moins, soit 2 500 kilogr.

Un peu plus bas, à Pouxeux, nous retrouvons les mêmes alluvions siliceuses et caillouteuses qui sont demeurées stériles et incultes tant qu'elles n'ont pas été fécondées par un bon système d'irrigation.

On trouve là quelques prairies irriguées par le système des planches en ados avec les eaux d'un petit ruisseau qui lave le village

avant de se jeter dans la Moselle. Ces eaux, utilisées en totalité pour les prairies de la localité, ne sont pas moins fécondantes que celles de la Moselle. Ces prairies, les mieux tenues de Pouxeux, offrent la composition suivante :

GRAMINÉES... 8/10	Houlque laineuse........	*Holcus lanatus*...........	4/10
	Flouve odorante........	*Anthoxanthum odoratum*..	2/10
	Fétuque durette.........	*Festuca duriuscula*........	
	Agrostis commune......	*Agrostis vulgaris*........	
	Paturin des prés........	*Poa pratensis*............	2/10
	Vulpin des prés.........	*Alopecurus pratensis*......	
	Fétuque des prés.......	*Festuca pratensis*.........	
	Fleole.................	*Phleum pratense*..........	
	Phalaris colorata autour des rigoles seulement.		
LÉGUMINEUSES.	Presque rien, quelques pieds de trèfle blanc.		
PLANTES DIVERSES.. 2/10	Berce..................	*Heracleum sphondylium*.	
	Barkhause.............	*Barkhausia taraxacifolia*.	
	Renoncule âcre.........	*Ranunculus acris*.	
	Sanguisorbe............	*Sanguisorba officinalis*.	
	Cresson fleuri...........	*Cardamine pratensis*.	
	Fleur de coucou........	*Lychnis flos-cuculi*.	
	Patience...............	*Rumex Patientia*.	
	Peucédan.............	*Peucedanum carvifolium*.	

Les graminées sont vigoureuses et entrent pour les 4/5 dans la composition du foin. Le rendement de la prairie s'élève au chiffre de 5 000 kilogr. pour la première coupe, et à 2 000 kilogr. environ pour le regain. Quoique les légumineuses y fassent défaut, ce foin est de très bonne qualité. La renoncule et la patience sont les seules mauvaises plantes qu'on y rencontre et elles y apparaissent dans une proportion insignifiante.

Poursuivons nos observations dans la même vallée et arrêtons-nous à Chavelot, où la vallée de la Moselle s'étend sur une grande largeur et offre de très grandes étendues de prairies, toutes en sol perméable, maigre et caillouteux à l'origine, et toutes abondamment irriguées par les eaux de la Moselle. Dans ce canton les propriétaires n'ont reculé devant aucun sacrifice pour établir des barrages sur la Moselle, des canaux de dérivation, des rigoles de distribution et des canaux de décharge, dans le but d'arroser largement leurs prairies et d'en assurer le prompt assainissement aussitôt que l'arrosage est interrompu. Toutes les dépenses consacrées aux irrigations ont toujours été largement compensées par les résultats obtenus.

Aux environs de Thaon, on voit çà et là des parcelles de terrain

qui n'ont pas été comprises dans le système général d'arrosage. Ce sont de mauvais pacages caillouteux et improductifs. Ce même terrain arrosé avec soin montre une excellente prairie composée comme il suit :

GRAMINÉES... 7/10	Houlque laineuse.......	*Holcus lanatus*............	3/10
	Flouve odorante........	*Anthoxanthum odoratum*..	1/10
	Fétuque des prés.......	*Festuca pratensis*..........	1/10
	Fétuque durette........	*Festuca duriuscula*.	
	Fléole.................	*Phleum pratense*..........	
	Fromental	*Avena elatior*.	1/10
	Dactyle................	*Dactylis glomerata*........	
	Cretelle	*Cynosurus cristatus*.......	
	Agrostis commune.....	*Agrostis vulgaris*.........	1/10
LÉGUMINEUSES.	Presque rien, quelques pieds de lotier corniculé.		
PLANTES DIVERSES.. 3/10	Plantain lancéolé	*Plantago lanceolatu.*	
	Bercè.................	*Heracleum sphondylium.*	
	Chrysanthème..........	*Chrysanthemum leucanthemum.*	
	Cerfeuil à feuilles de ciguë	*Chærophyllum Cicutaria.*	
	Jacée.....	*Centaurea jacea.*	
	Alchemille.............	*Alchemilla vulgaris.*	
	Hypocheride...........	*Hypochœris radicata.*	
	Crête de coq...........	*Rhinanthus cristagalli.*	
	Leontodon hispide......	*Leontodon hirtum.*	
	Scabieuse.............	*Scabiosa succisa.*	
	Colchique.............	*Colchicum autumnale.*	
	Renoncule âcre........	*Ranunculus acris.*	
	Barkhause	*Barkhausia taraxacifolia.*	
	Gaillet jaune..........	*Galium verum.*	
	Ail sauvage............	*Allium vineale.*	

En raison de la grande perméabilité du sol, on peut avec avantage soumettre la prairie à d'abondants arrosages. On les continue presque sans interruption jusqu'à l'époque du fauchage de la prairie. On peut dire que dans les Vosges les prairies sont constamment arrosées, excepté pendant les fortes gelées de l'hiver. Tout le monde sait qu'il est très dangereux de laisser prendre en glace la surface de la prairie. Dans ce cas, les meilleures espèces sont détruites, et la production de l'herbe est compromise pour plusieurs années.

Dans les autres saisons, les alluvions caillouteuses de la Moselle profitent bien des irrigations conduites régulièrement avec les intermittences qui sont nécessaires pour que le terrain s'assainisse et se ressuie dans toutes ses parties.

Ces arrosages multipliés nourrissent les bonnes plantes; ils remplacent avantageusement les fumures qu'on est obligé de donner

aux prés non irrigués quand on veut les maintenir en bon état de production.

L'irrigateur Vosgien ne sait que répondre quand on lui demande la quantité d'eau employée pour l'arrosage d'un pré pendant le cours d'une année. Il nous dit qu'il donne de l'eau à son pré, à discrétion, sans compter et sans savoir la quantité dépensée pour chaque arrosage.

Cette façon d'opérer réussit avec de bonne eau et sur un sol très perméable et très facile à assainir. Elle aurait de graves inconvénients sur une terre compacte et lente à se ressuyer.

Ce système d'arrosage n'a rien de méthodique et de régulier. C'est une sorte d'empirisme qui n'a d'autre but que de répartir uniformément l'eau sur toute la surface. Pour cela on s'attache tout d'abord à rendre les surfaces parfaitement planes et exemptes de reliefs et de concavités.

Aux surfaces horizontales, on préfère les surfaces inclinées, toujours plus faciles à arroser et à assainir. On ne manque pas de les établir quand on peut le faire sans de trop fortes dépenses. L'irrigation par planches en ados est rarement usitée à cause des frais qu'elle exige pour son établissement.

Les rigoles de niveau ne sont pas admises dans les vallées ; on préfère les rigoles à faible pente d'assez forte dimension et établies parallèlement entre elles. L'intervalle entre ces rigoles principales s'arrose par des émissaires en épis partant de la rigole principale et émettant des branches latérales qui déversent l'eau sur tous les points de la prairie; de cette façon l'eau va partout et se meut avec la vitesse qui assure le succès et l'efficacité de l'arrosage.

Quand on parcourt les prairies au mois de juin à l'époque du fauchage et qu'on les trouve encore baignées par les eaux de la Moselle, on est bien tenté de croire à l'exagération et à l'abus des irrigations. En pensant ainsi, on serait dans l'erreur, et on aurait le tort d'assimiler ces prairies à d'autres placées dans des conditions essentiellement différentes en ce qui concerne la qualité des eaux et la nature perméable du terrain. Ailleurs, des eaux données avec tant d'abondance, de fréquence et de continuité perdraient rapidement les prairies, et feraient naître, à la place des bonnes herbes, des joncs, des laiches, des renoncules, en un mot toutes ces plantes aquatiques qui indiquent la stagnation de l'eau dans le sol et un assainissement imparfait et insuffisant.

Au reste, rien ne démontre mieux l'usage judicieux des irrigations que l'aspect de la prairie au moment de la récolte.

Une végétation vigoureuse, bien composée comme espèces et régulière sur toute la surface, est un indice certain de la bonne répartition des eaux, et de leur distribution régulière sur tous les points de la surface. Une rigole vient-elle à mal fonctionner par la négligence de l'irrigateur et ne donne-t-elle pas aux plantes l'eau nécessaire à leur développement, aussitôt, cette place mal arrosée forme tache dans l'ensemble de la prairie. Le contraire a lieu pour les endroits arrosés avec excès; là, l'herbe devient exubérante et finit par verser. Une remarque à faire pour les prés de la Moselle, c'est que l'eau même en excès ne pousse pas, comme dans d'autres vallées, à la production des joncs et des laiches. Cela doit tenir à la nature caillouteuse et à l'extrême perméabilité du sous-sol. La seule plante aquatique qui apparaisse aux places trop chargées d'eau, c'est le phalaris roseau, connu encore sous le nom de Baldengère coloré (*Baldingera colorata*), roseau qui, par sa taille et sa vigueur, rappelle le roseau ordinaire (*arundo phragmites*).

Cette belle graminée, trop dure pour être mangée par le bétail, se distingue facilement à la couleur rosée de toute la plante. Nulle part elle n'offre une couleur plus éclatante que dans les Vosges et ne mérite mieux son nom de roseau coloré. Les prés bien soignés ne produisent cette graminée aquatique que sur les bords des canaux de dérivation et des rigoles principales, où on la trouve en très grande abondance même dans les prairies de première qualité. Des rigoles de distribution où l'eau séjourne avec plus de persistance qu'à la surface du sol, le roseau descend sur tous les points de la surface et se mêle aux autres espèces dans les prairies mal arrosées, où le plan d'eau se rapproche trop de la surface et où l'on entretient mal les canaux de décharge établis dans la partie la plus basse du terrain.

Les pratiques des irrigations en vallée se résument en quelques mots : obtenir par un bon système de rigoles une répartition régulière d'eau vierge sur toute la surface, faire en sorte que l'eau coure et se renouvelle partout, qu'elle ne soit nulle part stagnante; en mettre en grande quantité pendant toute l'année, la retirer à des intervalles réguliers, et avoir des pentes bien réglées et des canaux de décharge aux endroits les plus bas, afin d'égoutter promptement le sol aussitôt que l'on ferme les vannes de distribution. Au moment

des fortes gelées, retirer l'eau des prés, sous peine d'exposer la sole du pré a être détruite et de compromettre la récolte du foin pour plusieurs années.

Moyennant ces soins de tous les instants et une surveillance active et intelligente des irrigations, on obtient, par le seul fait de l'arrosage, sans aucune dépense de fumure, des rendements en foin de 7500 kilogrammes à l'hectare pour les deux coupes, et cela, sur un sol qui n'avait pas de valeur avant sa fertilisation par les eaux de la Moselle. Personne ne songe à mettre du fumier sur des prés engraissés sans frais par d'abondants arrosages; et leur rendement constant démontre que l'enlèvement des récoltes n'occasionne à la prairie qu'un épuisement passager et facilement réparable par des arrosages bien dirigés d'une récolte à une autre.

La production des prés se trouve intimement liée à la pratique des irrigations, et le rendement en foin est en rapport avec les arrosages comme celui de la pomme de terre avec la fumure qu'elle reçoit.

L'arrondissement de Remiremont présente partout l'image d'une petite culture faite avec des soins et une perfection infinis. Les terres labourables sont siliceuses et légères comme les alluvions de la vallée de la Moselle; elles sont très faciles à travailler en toute saison. Sur les surfaces non arrosables on voit un assolement biennal parfaitement approprié au sol et aux besoins économiques du pays; on fait indéfiniment seigle et pommes de terre.

La pomme de terre s'y cultive à l'état de plante industrielle destinée aux nombreuses féculeries de cet arrondissement. Cette solanée vient à merveille sur cette terre siliceuse toujours meuble, toujours fraîche et toujours fumée avec l'engrais que produit le foin des prairies irriguées. Ajoutons que le cultivateur vosgien est plein d'attention pour sa plante de prédilection. Sa plantation, son nettoiement, son buttage et son arrachage occupent toute la famille pendant une grande partie de la belle saison. C'est là qu'on voit cette pratique singulière de remplacer une bête par quatre personnes dans le buttage de la pomme de terre; le chef de la famille tient les mancherons de l'instrument, et sa femme et ses enfants composent cet attelage humain dont le travail n'a, du reste, rien de pénible, tant le sol est siliceux, léger et facile à remuer. Les travaux de cette culture finissent au mois de juin par le buttage qui est la dernière façon. Dès lors il n'y a plus rien à faire dans les champs

de pommes de terre jusqu'en septembre, qui est le moment de l'arrachage.

Juin, juillet, août et septembre restent disponibles pour la récolte des foins, des seigles et du regain.

Cette culture est parfaitement organisée au double point de vue de la répartition du travail et de l'équilibre de la fertilité du sol. Il est bien rare de rencontrer une petite culture si bien équilibrée et se suffisant ainsi à elle-même, sans le secours d'aucun engrais extérieur. C'est l'eau de la Moselle appliquée à l'arrosage des prairies qui résout ici d'une manière si heureuse le problème de la restitution au sol des éléments dont il est dépouillé par les récoltes de seigle et de pommes de terre.

Ajoutons que le Vosgien, renommé à juste titre pour ses qualités d'irrigateur et de cultivateur, pratique en outre la stabulation permanente pour son bétail de vente, autre circonstance favorable à la conservation des matières fertilisantes. Les purins sont généralement utilisés pour l'arrosage de la prairie placée sous la ferme. Les fumiers, parfaitement soignés à la ferme, sont exclusivement réservés aux cultures des terres arables.

Jamais les animaux ne sont tolérés dans les prairies irriguées. On est trop jaloux de conserver des surfaces parfaitement unies, et des rigoles de distribution en bon état de fonctionnement. Ces prairies sont planes et unies comme un parquet. Cette régularité a exigé des travaux de nivellement d'une grande importance. Pour avoir cette régularité parfaite des surfaces, il a fallu enlever les gazons, abaisser ou exhausser le sol par des travaux de remblai ou de déblai, et replaquer ensuite les gazons sur toute la surface régularisée. Le piétinement des animaux viendrait détériorer la surface engazonnée, d'autant plus qu'on a affaire à un sol léger où le pied de l'animal s'enfonce facilement, surtout dans les parties copieusement irriguées.

C'est donc en vue de la conservation de la prairie et des travaux dont elle a été l'objet qu'on en interdit sévèrement l'entrée aux chevaux et aux bêtes à cornes, même en automne après l'enlèvement du regain.

Il y a d'autres vallées moins importantes que celle de la Moselle qui donnent matière à des observations analogues sur les prairies et les cultures qui leur sont associées dans la ferme.

Pour ne point trop multiplier les citations, nous nous contente-

rons de citer quelques autres prairies prises dans des vallées secondaires où coulent les principaux affluents de la Moselle.

Voyons la composition d'une prairie importante située à Chéménil, dans la vallée de la Vologne, et fortement arrosée par les eaux de cette rivière; on y trouve les espèces suivantes :

GRAMINÉES... 5/10	Agrostis commune......	*Agrostis vulgaris*..........	3/10
	Fétuque des prés.......	*Festuca pratensis*.........	1/10
	Dactyle................	*Dactylis glomerala*........	
	Fétuque durette........	*Festuca duriuscula*........	
	Flouve odorante.......	*Anthoxanthum odoratum*...	
	Fromental.............	*Avena elatior*.............	1/10
	Houlque laineuse.......	*Holcus lanatus*............	
	Raygrass d'Italie.......	*Lolium perenne*...........	
	Brize.................	*Briza media*..............	
	Cretelle..............	*Cynosurus cristatus*........	
	Roseau coloré.........	*Phalaris colorata*.........	
PEU DE LÉGUMINEUSES.	Un peu de trèfle des prés.		
PLANTES DIVERSES.. 5/10	Crête de coq...........	*Rhinanthus cristagalli.*	
	Scabieuse..............	*Scabiosa succisa.*	
	Scorzonère.............	*Scorzonera humilis.*	
	Patience...............	*Rumex Patientia.*	
	Colchique..............	*Colchicum autumnale.*	
	Fleur de coucou.......	*Lychnis flos-cuculi.*	
	Reine des prés.........	*Spiræa ulmaria.*	
	Barkhause.............	*Barkhausia taraxacifolia.*	
	Jonc commun..........	*Juncus conglomeratus.*	
	Berce.................	*Heracleum sphondylium.*	
	Gallict mollugine.......	*Galium Mollugo.*	

Un canal de dérivation d'une grande dimension, auquel aboutissent de fortes rigoles de distribution, jette l'eau en grande masse sur cette prairie. Cette quantité excessive d'eau exclut les légumineuses de la prairie, empêche le développement des graminées et facilite outre mesure la végétation de la berce, du colchique, qui dans beaucoup d'endroits deviennent les plantes dominantes de la prairie.

Ces prairies mal arrosées se louent à raison de 200 francs l'hectare. On en retire un foin de médiocre qualité. Cependant les eaux ne valent pas moins que celles de la Moselle.

Il suffirait de s'en servir avec plus de discernement et d'apporter plus d'attention à l'assainissement des surfaces arrosées.

Prenons un autre exemple dans la vallée du Bouchot, autre affluent de la Moselle, à Rochesson, à 600 mètres d'altitude. Cette prairie est composée comme il suit :

GRAMINÉES... 5/10	Agrostis commune.....	*Agrostis vulgaris*..........	2/10
	Fétuque des prés......	*Festuca pratensis*..........	1/10
	Fétuque durette........	*Festuca duriuscula*........	
	Houlque laineuse.......	*Holcus lanatus*............	1/10
	Dactyle................	*Dactylis glomerata*........	
	Paturin commun........	*Poa trivialis*..............	
	Flouve odorante........	*Anthoxanthum odoratum*..	1/10
	Cretelle...............	*Cynosurus cristatus*........	
LÉGUMINEUSES. 5/100	Trèfle des prés........	*Trifolium pratense*........	5/100
	Trèfle blanc...........	*Trifolium repens*..........	
PLANTES DIVERSES.. 45/100	Berce..................	*Heracleum sphondylium.*	
	Cardamine des prés.....	*Cardamine pratensis.*	
	Jacée..................	*Centaurea jacea.*	
	Patience...............	*Rumex Patientia.*	
	Fleur de coucou.........	*Lychnis flos-cuculi.*	
	Crête de coq...........	*Rhinanthus cristagalli.*	
	Plantain lancéolé........	*Plantago lanceolata.*	
	Renoncule âcre.........	*Ranunculus acris.*	
	Géranium sanguin.......	*Geranium sanguineum.*	
	Bistorte................	*Polygonum Bistorta.*	
	Alchemille..............	*Alchemilla vulgaris.*	
	Chrysanthème...........	*Chrysanthemum leucanthemum.*	
	Scabieuse...............	*Scabiosa succisa.*	

Cette prairie reçoit les eaux du Bouchot à l'aide d'un barrage, d'un canal de dérivation et de rigoles principales de distribution. Les rigoles secondaires ne sont pas assez multipliées, ce qui nuit à la bonne répartition des eaux. L'herbe est moins vigoureuse et moins abondante que dans la vallée de la Moselle.

Ce résultat s'explique par un climat plus froid dû à l'altitude de la localité, et par un système d'irrigation peu soigné dans les détails d'exécution. Ce rendement en foin ne dépasse guère 4000 kilogrammes pour les deux coupes. Ce foin est de bonne qualité, attendu que sa composition est très variée et que les bonnes plantes y sont en très grande majorité.

Citons une dernière prairie située à l'origine de la vallée de la Saône. En cet endroit cette belle rivière du Mâconnais n'est qu'un modeste ruisseau de peu d'importance. Ces eaux suivent une route toute différente de celles des rivières mentionnées précédemment. Au lieu de se rendre dans la mer du Nord, elles vont à la Méditerranée après s'être réunies à celles du Rhône à la hauteur de Lyon. Il y a quelque intérêt à comparer une prairie de cette vallée à celles des autres vallées des Vosges.

Cette prairie, située à Attigny, est irriguée d'après les pratiques usitées dans toutes les vallées des Vosges.

Au mois de juin 1880 elle présentait la composition suivante :

GRAMINÉES... 6/10	Agrostis commune	*Agrostis vulgaris*	3/10
	Avoine jaunâtre	*Avena flavescens*	1/10
	Houlque laineuse	*Holcus lanatus*	
	Fétuque des prés	*Festuca pratensis*	1/10
	Avoine des prés	*Avena pratensis*	
	Vulpin des prés	*Alopecurus pratensis*	
	Dactyle	*Dactylis glomerata*	1/10
	Cretelle	*Cynosurus cristatus*	
	Raygrass vivace	*Lolium perenne*	
	Brize	*Briza media*	
LÉGUMINEUSES. 1/10	Trèfle des prés	*Trifolium pratense.*	
	Trèfle blanc	*Trifolium repens.*	
	Minette	*Medicago lupulina.*	
	Lotier corniculé	*Lotus corniculatus.*	
PLANTES DIVERSES.. 3/10	Plantain lancéolé	*Plantago lanceolata.*	
	Scabieuse	*Scabiosa succisa.*	
	Colchique	*Colchicum autumnale.*	
	Galliet jaune	*Galium verum.*	
	Patience	*Rumex Patientia.*	
	Salsifis des prés	*Tragopogon pratensis.*	
	Berce	*Heracleum sphondylium.*	
	Fleur de coucou	*Lychnis flos-cuculi.*	
	Chrysanthème	*Chrysanthemnm leucanthemum.*	
	Leontodon hispide	*Leontondon hirtum.*	
	Barkhause	*Barkhausia taraxacifolia.*	
	Jacobée	*Senecio jacobœa.*	
	Jacée	*Centaurea jacea.*	
	Crête de coq	*Rhinanthus cristagalli.*	
	Betoine	*Betonica officinalis.*	
	Renoncule	*Ranunculus acris.*	

Cette prairie se distingue des précédentes par la variété des espèces dont elle est composée. On y voit 10 graminées, 4 légumineuses et 16 plantes diverses. Les graminées forment les 3/5 du foin, les légumineuses y entrent pour une bonne proportion, et les plantes diverses régulièrement réparties n'offrent aucune espèce dominante qui puisse nuire à la qualité du foin; le colchique, la patience, la renoncule et la crête de coq sont les seules mauvaises plantes qu'on y rencontre, mais elles y occupent peu de place et par suite sont peu nuisibles.

Les 30 plantes distribuées dans les proportions que nous avons constatées sur place constituent une prairie de bonne qualité qui présente une heureuse association de graminées, de légumineuses, et de plantes diverses. Elle serait parfaite si l'agrostis, qui a le défaut d'être tardive et envahissante, n'y dominait pas d'autres gra-

minées plus estimées, et si parmi les plantes diverses on n'y rencontrait pas quatre espèces de mauvaise nature. Cette prairie n'atteint pas un rendement très élevé. Elle produirait davantage si par des arrosages plus multipliés on lui faisait absorber en plus grande quantité les eaux fertilisantes de la Saône.

Nous avons analysé 7 prairies des Vosges dans l'importante vallée de la Moselle et dans trois autres vallées d'une moindre étendue. Nous aurions pu y ajouter d'autres prairies étudiées dans les vallées de la Mozelotte et de la Cleurie. Ces descriptions ne nous auraient rien appris de nouveau, et auraient allongé inutilement ce travail. Les types que nous avons choisis suffisent pour donner une idée exacte et complète des prairies arrosées et fécondées par les eaux des principales rivières du département.

Nous passons maintenant à la description des prairies des montagnes.

II

Prairies des montagnes.

Ici les surfaces sont généralement très inclinées. L'irrigation n'est plus la même que dans la vallée. L'eau se distribue à la surface par des rigoles de niveau. Les rigoles de pente n'y auraient pas un bon fonctionnement, l'eau prendrait trop de vitesse et n'aurait pas le temps de filtrer à travers le sol et de communiquer aux plantes les principes utiles qu'elle tient en dissolution. Sur un sol souvent léger et sablonneux, le ravinement du terrain serait d'autant plus à craindre que l'inclinaison des surfaces serait plus prononcée.

La pente du terrain facilite en outre l'assainissement et l'égouttement de la prairie, et l'arrosage par rigoles de niveau, qui dans la vallée favoriserait le développement des joncs et des carex, produit au contraire d'excellents effets sur les pentes rapides des montagnes.

La régularité de la végétation s'obtient par le rapprochement des rigoles de niveau. La distance entre chaque rigole diminue en raison inverse de l'inclinaison des surfaces; plus la pente sera rapide, plus les rigoles seront rapprochées.

La rigole d'alimentation destinée à porter l'eau dans les rigoles de niveau doit répartir également entre ces dernières l'eau vierge prise directement dans le canal de dérivation. Les surfaces qui ne

seraient baignées que par de l'eau épuisée et amaigrie par son contact avec les plantes donneraient une herbe inférieure en qualité et en quantité. Ce sont des prairies conduites suivant ces principes que nous allons analyser et étudier comme nous l'avons fait pour les prairies des vallées.

Voici la composition d'une prairie située au Ménil près Thillot, à 300 mètres au-dessus de la vallée. Elle est fortement inclinée, jouit de l'exposition du midi, et s'irrigue par des rigoles de niveau alimentées par des sources abondantes qui descendent de la montagne. Cette prairie, à l'époque du fauchage, offrait les espèces suivantes en juin 1880 :

GRAMINÉES. 5/10	Houlque laineuse	*Holcus lanatus*	2/10
	Dactyle	*Dactylis glomerata*	1/10
	Flouve odorante	*Anthoxanthum odoratum*	1/10
	Agrostis commune	*Agrostis vulgaris*	1/10
	Cretelle	*Cynosurus cristatus*	
LÉGUMINEUSES. 1/10	Trèfle des prés	*Trifolium pratense*	1/10
	Petit trèfle jaune	*Trifolium filiforme*	
	Lotier corniculé	*Lotus corniculatus*	
PLANTES DIVERSES. 4/10	Plantain lancéolé	*Plantago lanceolata*	2/10
	Peucédan	*Peucedanum carvifolium*	
	Chrysanthème	*Chrysanthemum leucanthemum.*	1/10
	Jacée	*Centaurea jacea*	
	Berce	*Heracleum sphondylium*	
	Hypochéride	*Hypochæris radicata*	1/10
	Scabieuse	*Scabiosa succisa*	
	Sanguisorbe	*Sanguisorba officinalis*	
	Arnica	*Arnica montana*	

Cette prairie de montagne offre une heureuse association de graminées, de légumineuses et de plantes diverses. Son foin a de la finesse et beaucoup de parfum. Le rendement moyen pour la première coupe et le regain s'élève à 5000 kilogrammes, savoir : 3500 kilogrammes pour la première coupe et 1 500 kilogrammes pour le regain. Nous retrouvons en montagne, en proportions différentes, toutes les espèces qu'on rencontre dans les prairies des vallées, à l'exception d'une seule, l'*Arnica montana*, belle composée qui n'est jamais très abondante et dont la présence ne fait qu'augmenter les qualités du foin, le rendant plus substantiel et plus parfumé.

Prenons un autre exemple à une plus forte altitude, à Gerardmer, à 690 mètres au-dessus du niveau de la mer. Il s'agit d'une

prairie située à 2 kilomètres de la ville, à gauche de la route de Gerardmer à Saint-Dié. Ce sol est léger et siliceux, la surface est moyennement inclinée, l'arrosage s'opère par rigoles de niveau alimentées à l'aide d'un ruisseau qui descend de la montagne. Voici les espèces qui la composent au moment de la première coupe :

GRAMINÉES. 5/10	Fétuque durette...........	*Festuca duriuscula*..........	2/10
	Agrostis vulgaire..........	*Agrostis vulgaris*............	1/10
	Paturin commun..........	*Poa trivalis*..................	1/10 (avec la suivante)
	Vulpin des prés...........	*Alopecurus pratensis*........	
	Houlque laineuse..........	*Holcus lanatus*..............	1/10 (avec la suivante)
	Dactyle....................	*Dactylis glomerata*..........	
LÉGUMINEUSES. 2/10	Trèfle blanc très abondant..	*Trifolium repens*............	2/10
PLANTES DIVERSES. 3/10	Plantain lancéolé..........	*Plantago lanceolata*.........	1/10 (avec la suivante)
	Berce.....................	*Heracleum sphondylium*......	
	Scabieuse.................	*Scabiosa succisa*............	1/10 (avec la suivante)
	Patience..................	*Rumex Patientia*............	
	Fleur de coucou...........	*Lychnis flos-cuculi*..........	1/10 (avec les deux suivantes)
	Raiponce en épi...........	*Phyteuma spicata*...........	
	Géranium sanguin.........	*Geranium sanguineum*.......	

C'est une bonne composition d'herbe. On y trouve des graminées et du trèfle blanc dans de bonnes proportions, et parmi les plantes diverses, une seule qui n'est pas abondante, la patience, n'est pas classée parmi les espèces recommandables. A cette altitude, et avec un sol et des eaux granitiques, nous retrouvons toutes les espèces des vallées basses et baignées par des eaux calcaires. Néanmoins, cette prairie se caractérise par l'abondance du trèfle blanc et par l'absence de mauvaises plantes. Elle offre au mois de juin une végétation régulière d'une vigueur moyenne qui annonce pour la première coupe et le regain environ 4 000 kilogrammes de foin par hectare.

Arrêtons-nous à un autre exemple pris aux environs de Remiremont, sur une colline à flancs inclinés, où l'arrosage se fait à l'aide de réservoirs étanches qui se remplissent par des eaux de fontaine. L'eau dont on dispose n'est pas en rapport avec la surface de la prairie. On se sert en outre des eaux pluviales provenant des terrains supérieurs. La forte inclinaison des surfaces permet l'arrosage par reprise d'eau et par rigoles de niveau.

Le sol est léger, perméable, et a été formé par la désagrégation des roches granitiques. Cette prairie, située sur le territoire de

la commune de Remiremont à 3 kilomètres de cette ville et à 500 mètres d'altitude, est ainsi composée :

GRAMINÉES. 8/10	Houlque laineuse	*Holcus lanatus*	4/10
	Avoine des prés	*Avena pratensis*	2/10
	Fromental	*Avena elatior*	
	Avoine jaunâtre	*Avena flavescens*	
	Dactyle	*Dactylis glomerata*	2/10
	Brize	*Briza media*	
	Fétuque durette	*Festuca duriuscula*	
	Flouve odorante	*Anthoxanthum odoratum*	
	Agrostis commune	*Agrostis vulgaris*	
LÉGUMINEUSES.	Peu abondantes, un peu de trèfle des prés et de trèfle blanc.		
PLANTES DIVERSES. 2/10	Berce	*Heracleum sphondylium*	1/10
	Scabieuse	*Scabiosa succisa*	
	Patience	*Rumex Patientia*	
	Jacée	*Centaurea jacea*	1/10
	Fleur de coucou	*Lychnis flos-cuculi*	
	Silène renflé	*Silene inflata*	
	Campanule à feuilles de pêcher	*Campanula persicifolia*	

Quoiqu'il contienne un peu de patience, ce foin est de bonne qualité. Cette prairie atteint un rendement de 5 000 kilogrammes pour la première coupe et le regain. Son sol n'était pas de bonne qualité à l'origine. Jamais la prairie n'aurait prospéré sur ce terrain sec, maigre et granitique, sans des fumures répétées, des arrosages au purin et avec toutes les eaux dont on peut disposer.

Ces réservoirs sont munis de bondes automatiques, véritables siphons qui s'amorcent d'eux-mêmes quand les réservoirs sont pleins, et qui cessent de fonctionner dès qu'ils sont complétement vides.

Ces bondes automatiques commencent à se répandre dans les Vosges. On les trouve encore en usage aux environs de Saint-Dié. Elles sont précieuses pour les réservoirs éloignés de la ferme et elles utilisent toute l'eau qui se perdait autrefois par le trop-plein des réservoirs. Par leur emploi on est dispensé d'ouvrir et de fermer les bondes des réservoirs, ce qui économise le temps de l'irrigateur chargé de ce service.

Terminons le chapitre des prés hauts par la description d'une prairie établie sur un plateau élevé dans la commune des Granges de Plombières, à quelques kilomètres de la ville de Plombières, à l'altitude de 560 mètres. — Un praticien intelligent a créé en cet endroit 7 hectares de prairies par des procédés spéciaux dont la

description offre un grand intérêt pour tous ceux qui ont à cœur la bonne utilisation des eaux de sources. Il y a quelques années, cette ferme ne possédait qu'une faible étendue de prés marécageux et pour ainsi dire improductifs. Plusieurs sources abandonnées à elles-mêmes maintenaient dans la prairie une humidité permanente nuisible aux graminées et aux légumineuses de bonne nature. Le foin récolté sur ces surfaces marécageuses n'avait aucune valeur pour l'alimentation du bétail. Le sol silico-argileux et imperméable avait besoin d'être assaini pour produire de l'herbe de bonne qualité. L'exploitant a eu l'ingénieuse idée d'enlever ces eaux des surfaces où elles étaient nuisibles et de les reporter sur d'autres surfaces bien disposées pour profiter des irrigations. Ces sources très abondantes ont été captées à leur naissance et dérivées dans des canaux souterrains établis en pierres sèches et recouverts par des dalles plates de grès vosgien. Ces canaux maintiennent l'eau à 0m,80 de profondeur, ils servent à la fois à l'assainissement du sol et à l'arrosage des surfaces. L'inclinaison du terrain a permis de leur donner une forte pente sans trop diminuer le périmètre des surfaces arrosables. Outre les sources propres au terrain, l'exploitant a capté d'autres eaux dans des terres supérieures qui avaient besoin d'être drainées et assainies. Ces eaux viennent à la ferme et à la prairie par le même système de canaux souterrains maçonnés et recouverts de dalles plates. Ces eaux, assez maigres à l'origine, passent par la ferme où elles sont enrichies de purin avant d'être déversées sur les gazons. Pour ramener à la surface ces eaux qui cheminent dans des canaux souterrains à 0m,80 de profondeur, le propriétaire a eu l'ingénieuse idée d'établir de distance en distance des regards en maçonnerie hydraulique munis dans le fond d'une bonde mobile qu'on ouvre et qu'on ferme à volonté. Grâce à la pente de ces canaux, l'eau remplit le regard et remonte à la surface dès qu'on ferme la bonde inférieure de ce regard. Une fois à la surface, cette eau est reprise par des rigoles de distribution qui en font la répartition sur tous les points de la prairie. Aussitôt qu'on ouvre la bonde du regard, cette espèce de barrage cesse de fonctionner, le niveau baisse sur toute l'étendue du canal qui redevient un canal de drainage et d'assainissement. De cette façon, les canaux qui transportent les eaux de sources deviennent tour à tour des canaux d'arrosage ou d'assainissement. Nulle part on n'a tiré un meilleur parti pour la production du foin

d'eaux abondantes qui avant d'avoir été captées et bien dirigées, stérilisaient des surfaces où croît maintenant une herbe d'excellente qualité. En agissant ainsi, on a transformé d'anciennes prairies et l'on en a créé de nouvelles dans de bonnes conditions de production. Ces prairies sont composées comme il suit :

GRAMINÉES. 6/10	Fléole des prés	*Phleum pratense*	3/10
	Flouve odorante	*Anthoxanthum odoratum*	1/10
	Paturin des prés	*Poa pratensis*	
	Cretelle	*Cynosurus cristatus*	1/10
	Fétuque des prés	*Festuca pratensis*	
	Agrostis commune	*Agrostis vulgaris*	1/10
	Raygrass vivace	*Lolium perenne*	
LÉGUMINEUSES. 1/10	Petit trèfle jaune	*Trifolium filiforme*	1/2
	Trèfle blanc	*Trifolium repens*	1/20
	Trèfle des prés	*Trifolium pratense*	
PLANTES DIVERSES. 3/10	Berce	*Heracleum sphondylium*	1/10
	Scorzonère	*Scorzonera humilis*	
	Bistorte	*Polygonum Bistorta*	1/10
	Chrysanthème	*Chrysanthemum leucanthemum*	
	Patience	*Rumex Patientia*	
	Scabieuse	*Scabiosa succisa*	1/10
	Fleur de coucou	*Lychnis flos-cuculi*	
	Crête de coq	*Rhinantus cristagalli*	
	Renoncule âcre	*anunculus acris*	
	Campanule à feuilles de lin	*Campanula linifolia*	

Sur ces vingt plantes, on n'en trouve que quatre mauvaises : la bistorte, la crête de coq, la renoncule et la patience; elles n'y sont pas abondantes et n'altèrent pas sensiblement la qualité du foin. Quoique le terrain présente des pentes bien accusées, toutes les rigoles, sans exception, ont une certaine pente. L'imperméabilité du sol défend l'usage des rigoles de niveau, elles feraient pousser les joncs et les carex. Dans un terrain de cette nature l'assainissement des surfaces n'a pas moins d'importance que l'arrosage de la prairie. Les canaux souterrains, établis à grands frais par l'exploitant, rendent autant de services pour l'égouttement du sol que pour l'arrosage de la prairie.

Année moyenne, cette prairie ne rend pas moins de 5000 kilogrammes de foin par hectare pour la totalité de la récolte.

Sous ce climat assez froid en raison de l'altitude, les parties élevées de la prairie sont seules arrosées pendant l'hiver. Quant aux parties plus ou moins tourbeuses, on n'y met l'eau qu'en avril

et en mai. Le rigoureux hiver de 1880 a fortement détérioré les parcelles arrosées à l'époque des plus fortes gelées, les bonnes espèces ont été détruites, et la première coupe n'a presque rien donné sur les parties atteintes de la gelée.

Cet accident s'est produit fréquemment dans le département des Vosges pendant les fortes gelées de l'hiver de 1880, notamment sur les prairies fortement arrosées à l'époque des froids les plus rigoureux.

Le même effet n'a pas eu lieu sur les parties bien égouttées à l'approche des gelées. Il y a longtemps qu'on connaît les dangers des irrigations pendant les gelées. Quand ils sont avertis à temps, les irrigateurs attentionnés ne manquent pas de retirer l'eau des prés dès que le temps paraît se mettre à la gelée.

III

Prairies arrosées par des eaux de féculeries.

L'aptitude du terrain à la production de la pomme de terre, notamment dans les arrondissements de Remiremont, Saint-Dié et Épinal, et les avantages de cette culture printanière au point de vue de la bonne répartition de la main-d'œuvre, de l'utilisation des bras de la famille dans un pays de petite culture, a donné naissance à une grande industrie qui contribue beaucoup à la prospérité agricole de ce département, je veux parler de la fabrication de la fécule de pomme de terre. Cette industrie agricole basée sur la pomme de terre joue ici un rôle analogue à celui de la distillerie champennoise qui produit l'alcool de betterave dans d'autres parties de la France.

Nulle part la féculerie ne s'harmonise mieux avec les conditions naturelles du pays. On trouve partout les chutes d'eau propres à mettre l'usine en mouvement, partout des eaux limpides pour le lavage des tubercules et pour la décantation de la fécule, partout des prairies bien disposées pour profiter par la voie des irrigations de toutes les eaux fertilisantes qui sortent des féculeries. Généralement ces petites féculeries sont annexées à la ferme, elles consomment les pommes de terre du domaine et celles des petits cultivateurs dont la culture restreinte ne comporte pas l'installation d'une usine. Chose étonnante qu'on n'observe que dans les Vosges ! c'est le peu de cas que font les cultivateurs des résidus de la pomme

de terre pour l'alimentation du bétail. Les animaux de la ferme n'en consomment qu'une faible partie, tout le reste s'accumule aux abords de la féculerie pour être repassé et être complétement épuisé de fécule, après que toute la récolte de pomme de terre a subi la première extraction de la fécule. Après le dernier repassage, le résidu qui s'est décomposé par l'effet d'une fermentation lente et dont la couleur et l'odeur sont plus ou moins repoussantes, ne peut avoir d'autre usage que celui de fumer les terres ou les prés à l'état de compost auquel on peut ajouter de la chaux ou d'autres matières fertilisantes. C'est, du reste, dans les eaux de décantation que se retrouvent les matières azotées et les sels fertilisants de la pomme de terre. La pomme de terre ainsi traitée n'occasionne aucun épuisement sur le domaine de la ferme, pourvu que l'exploitant renvoie dans ses prairies ou dans ses champs sans aucune déperdition les eaux et les résidus de sa féculerie. Bien plus, il y a gain de fertilité quand sa fabrication s'étend à une certaine quantité de tubercules tirés du dehors. La fécule de pomme de terre, de même que le sucre de betterave, ne prive le sol d'aucune substance utile, quelles que soient les quantités qu'on en exporte de la ferme. Aussi remarque-t-on que les fermes pourvues d'une féculerie ou d'une sucrerie vont constamment en s'améliorant, si par des engrais appropriés on a soin de restituer au sol les substances exportées sous forme d'animaux et de grains. En ce qui concerne la féculerie, c'est la prairie qui joue le rôle de condensateur pour retenir et utiliser les matières fertilisantes enlevées au sol par la culture de la pomme de terre. Décrivons l'une de ces prairies fécondées ainsi par les eaux grasses de la féculerie.

C'est à Gennemont près Pouxeux qu'on peut voir les résultats les plus remarquables de l'irrigation par des eaux de féculerie.

La prairie arrosée par des rigoles de niveau larges et profondes occupe les deux coteaux fortement inclinés d'une petite vallée. Ce ruisseau de la vallée, barré à une certaine hauteur en amont, alimente les canaux de dérivation qui servent à arroser les prairies de la vallée.

L'un de ces canaux, qui est le plus important, fournit le mouvement aux divers appareils de la féculerie. Cette usine, située à mi-côte, met les eaux de sortie dans une situation favorable pour l'arrosage des prés inférieurs.

La prairie la plus rapprochée de l'usine et située sur le même

versant, est la plus abondante et la plus productive qu'on puisse voir dans toutes les Vosges. Nulle part les Graminées ne se montrent plus vigoureuses, plus hautes et plus abondantes. Au mois de juin 1880, quelques jours avant le fauchage, les herbes de la prairie avaient en moyenne 1 mètre de hauteur.

Elles commençaient à verser aux places où l'eau de la féculerie avait été administrée en trop grande abondance. Le rendement de cette prairie s'élève à 15000 kilogr. de foin par hectare pour les deux coupes. Voici comment elle est composée :

GRAMINÉES... 9/10	Houlque laineuse.........	*Holcus lanatus*..........	4/10
	Paturin commun.........	*Poa trivialis*............	3/10
	Flouve odorante.........	*Anthoxanthum odoratum*.	1/10
	Agrostis commune.......	*Agrostis vulgaris*........	1/10
	Phalaris roseau..........	*Phalaris colorata*........	
	Cretelle.................	*Cynosurus cristatus*......	
LÉGUMINEUSES ET PLANTES DIVERSES.. 1/10	Petit trèfle jaune........	*Trifolium filiforme*.	
	Patience................	*Rumex Patientia*.	
	Renoncule âcre..........	*Ranunculus acris*.	
	Fleur de coucou.........	*Lychnis flos-cuculi*.	
	Joncs par place.........	*Juncus conglomeratus*. *Juncus acutiflorus*.	

En fait de Légumineuses, il n'y a qu'un peu de petit trèfle jaune, les Graminées exubérantes par l'effet des irrigations azotées ne permettent pas le développement des légumineuses; la patience, la renoncule et les joncs n'y sont pas en grande quantité et ne nuisent pas sensiblement à la qualité du foin.

Parmi les Graminées nous voyons apparaître une plante très grossière, le phalaris roseau; il n'est pas répandu sur toute la surface et se développe seulement sur les bords des rigoles principales; il n'est pas assez abondant pour déprécier la valeur du foin. Cette herbe est composée en grande partie de houlque, de paturin et de flouve. C'est un foin long et pailleux qui n'a pas la finesse et le parfum du foin moins abondamment fumé et plus mélangé de Légumineuses et de plantes diverses. Cette prairie est surtout remarquable par son abondance et le chiffre élevé de son rendement.

Les irrigations par les eaux de féculerie sont très fréquentes dans les Vosges. Nulle part on ne néglige d'appliquer à la prairie naturelle ces eaux si favorables à la production de l'herbe. Seulement leur répartition à la surface laisse souvent à désirer. Leur puissance fécondante met en évidence la moindre négligence de l'irrigateur chargé de la conduire sur les différents points de la prairie.

L'herbe verse aux endroits trop arrosés, tandis qu'elle manque de force et de vigueur aux places où l'eau n'arrive pas en quantité suffisante ni avec les qualités qu'elle possède à la sortie de l'usine.

IV

Prairies de récente création.

Toutes les prairies décrites précédemment sont d'anciennes créations et se soutiennent par les seules ressources de l'irrigation avec des eaux de bonne qualité. Nous avons trouvé dans l'arrondissement de Mirecourt, à la ferme école de Beaufroy, une grande prairie dont la création au contraire ne date que de quelques années. Cette œuvre considérable, qui s'est étendue successivement à une surface de 24 hectares, a parfaitement réussi en ce qui concerne l'abondance et la bonne qualité de l'herbe et du foin. Il est intéressant de savoir dans quelles conditions s'est opérée cette heureuse transformation. Il s'agissait de convertir en prairie des terres labourables d'une culture difficile et peu avantageuse.

La nouvelle prairie occupe les deux versants moyennement inclinés d'une petite vallée située dans les marnes irisées du terrain jurassique. En tête de la prairie, à la partie la plus élevée, aboutissent au talweg de la vallée, des eaux de source et des eaux pluviales provenant des cultures des terrains supérieurs.

Là, ces eaux sont barrées et dirigées par deux canaux de dérivation sur tout le périmètre de la prairie. Chaque canal de dérivation alimente de petites rigoles de pente qui à l'aide de gazons déversent uniformément l'eau d'arrosage sur tous les points de la prairie; un canal de décharge qui suit le talweg de la vallée assure l'assainissement général. On a mis cinq ans à effectuer cette importante création. La dernière prairie a été terminée il y a seulement sept ans. L'établissement de chaque parcelle n'a jamais demandé moins de deux ans. La première année a été consacrée au nivellement et à la régularisation des surfaces. A la seconde année on a semé une fenasse choisie sur une terre parfaitement fumée et ameublie. La graine de pré dont la composition était bien connue à l'avance a été semée seule, on s'est gardé de l'associer à une céréale qui aurait absorbé la fumure au détriment de la jeune prairie.

De cette façon, les Graminées et les Légumineuses se sont montrées tout de suite serrées et pleines de vigueur. Les terrassements et

les travaux d'irrigation représentent une dépense totale de 450 francs par hectare. Voici la composition moyenne de cette prairie :

GRAMINÉES... 5/10	Houlque laineuse.........	*Holcus lanatus*..........	2/10
	Cretelle.................	*Cynosurus cristatus*......	1/10
	Fléole..................	*Phleum pratense*.........	
	Raygrass vivace..........	*Lolium perenne*.........	
	Paturin commun.........	*Poa trivialis*............	1/10
	Fromental.............	*Avena elatior*...........	1/10
	Brome mou.............	*Bromus mollis*...........	
	Dactyle................	*Dactylis glomerata*.......	
LÉGUMINEUSES. 4/10	Petit trèfle jaune........	*Trifolium filiforme*......	2/10
	Trèfle hybride...........	*Trifolium hybridum*.....	1/10
	Minette.................	*Medicago lupulina*........	
	Trèfle des prés..........	*Trifolium pratense*......	1/10
	Lotier corniculé.........	*Lotus corniculatus*.......	
PLANTES DIVERSES.. 1/10	Plantain................	*Plantago lanceolata.*	
	Jacée..................	*Centaurea jacea.*	
	Chrysanthème...........	*Chrysanthemum leucanthemum.*	
	Renoncule âcre.........	*Ranunculus acris.*	

Le rendement de la première coupe atteint en moyenne 3000 kilogrammes. Après la première coupe cette grande prairie située dans le voisinage immédiat de la ferme est livrée à la dépaissance des vaches laitières.

L'herbe est de première qualité; elle contient à peu près en égales proportions un bon ensemble de Graminées et d'excellentes Légumineuses, parmi lesquelles on doit mentionner le trèfle hybride, rare dans d'autres contrées, commun au contraire dans les prairies jurassiques des Vosges.

Quant aux plantes diverses, elles sont rares et n'ont pas d'influence marquée sur la composition du foin.

Cette prairie n'est pas largement pourvue d'eau comme celles des belles vallées des Vosges. C'est seulement pendant l'hiver et à l'époque des pluies qu'on peut l'arroser sur toute son étendue. Aussi elle n'atteint jamais les forts rendements des prairies abondamment pourvues de bonnes eaux.

Le pâturage du regain, les composts et les fumures compensent en partie ce qui manque du côté des irrigations. Il faut reconnaître aussi que ce foin si bien composé rachète dans une certaine mesure le déficit du rendement par la qualité supérieure de la récolte.

Continuons cette étude par l'examen d'un procédé d'irrigation qui ne rentre dans aucune des catégories exposées précédemment. Il s'agit d'une prairie située dans l'arrondissement de Neufchâteau, dans cette

partie du département qui, par ses plaines, son système de culture, n'offre plus aucune ressemblance avec les arrondissements montagneux où nous avons pris, jusqu'à présent, tous nos spécimens d'irrigation.

Il s'agissait de créer une prairie de 8 hectares sur des terres labourables d'une culture difficile et peu avantageuse, à Dombrot-sur-Vair, à l'altitude d'environ 300 mètres. Cette opération a parfaitement réussi. Le propriétaire de ce terrain a profité de la force hydraulique d'un moulin pour élever l'eau de la rivière sur le coteau qu'il voulait transformer en prairie. — C'est en 1873 que cet agriculteur a établi dans son moulin une pompe centrifuge destinée à refouler l'eau de la rivière jusqu'à la partie la plus élevée de son domaine. La pompe est immergée dans la rivière, ce qui fait qu'elle s'amorce toujours d'elle-même. La conduite d'eau a été faite en tuyaux de grès ayant $0^m,16$ de diamètre; elle s'étend sur une longueur de 280 mètres, et son extrémité supérieure dépasse de $10^m,60$ le niveau normal de la rivière. Cette conduite est revenue à 6 francs le mètre courant.

Sur la conduite ont été établis trois regards, le premier à $4^m,20$ au-dessus du bief d'aval, le deuxième à $7^m,40$ et le troisième à $10^m,60$. Ces regards sont formés d'un tambour qui se ferme à l'aide d'une rondelle en caoutchouc maintenue par une vis de pression sous une plaque de fonte.

On n'ouvre, bien entendu, qu'un regard à la fois. Le plus élevé, celui de $10^m,60$, donne 10 litres d'eau par seconde, le deuxième à la cote $7^m,40$, 15 litres, et le dernier à $4^m,20$ rend 20 litres par seconde.

A chaque regard correspond un canal de distribution qui fournit l'eau à des rigoles secondaires à faible pente. Le déversement de l'eau à la surface s'opère à l'aide de gazons placés de distance en distance.

Cette prairie arrosée artificiellement et établie sur un terrain convenablement incliné vaut mieux qu'une autre prairie qui lui est contiguë et qui, faisant partie de la vallée, s'arrose directement par l'eau de la rivière. Cette dernière étant plate et pour ainsi dire dépourvue de pente, n'est pas d'un assainissement facile.

La prairie arrosée par la pompe centrifuge donne du foin qui n'est pas moins abondant et qui est toujours de meilleure qualité. Le pré bas arrosé directement par la rivière présente la composition suivante :

GRAMINÉES ... 4/10	Fétuque durette.........	*Festuca duriuscula*... ...	1/10
	Vulpin des prés.........	*Alopecurus pratensis*......	1/10
	Fléole..................	*Phleum pratense*.........	
	Brize...................	*Briza media*.............	
	Flouve odorante........	*Anthoxanthum odoratum*.	1/10
	Houlque laineuse........	*Holcus lanatus*...........	
	Fromental	*Avena elatior*............	
	Raygrass vivace.........	*Lolium perenne*..........	
	Brome mou.............	*Bromus mollis*...........	
	Avoine jaunâtre.........	*Avena flavescens*.........	1/10
	Agrostis commune.......	*Agrostis vulgaris*........	
	Fétuque des prés........	*Festuca pratensis*.......	
LÉGUMINEUSES. 1/10	Petit trèfle jaune........	*Trifolium filiforme*.......	
	Trèfle blanc............	*Trifolium repens*.........	
	Trèfle des prés.........	*Trifolium pratense*.......	1/10
	Lotier corniculé.........	*Lotus corniculatus*.......	
PLANTES DIVERSES.. 5/10	Jacée..................	*Centaurea jacea.*	
	Carum Carvi............	*Carum Carvi*	
	Plantain lancéolé.......	*Plantago lanceolata.*	
	Chrysanthème	*Chrysanthemum leucanthemum.*	
	Fleur de coucou........	*Lychnis flos-cuculi.*	
	Berce..................	*Heracleum sphondylium.*	
	Barkhause..............	*Barkausia taraxacifolia.*	
	Renoncule âcre.........	*Ranunculus acris.*	
	Cerfeuil à feuilles de ciguë.	*Chærophyllum Cicutaria.*	
	Patience...............	*Rumex Patientia.*	
	Quelques carex.........	*Carex cespitosa, acuta, riparia.*	

Ce foin n'est pas de très bonne qualité, les plantes diverses dont quelques-unes sont mauvaises, dominent trop les Graminées et les légumineuses.

Le pré haut irrigué par la pompe va nous offrir une composition de meilleure nature, ce qui tient à son assainissement facile et à la nature du sol, formé tantôt par les marnes irisées, tantôt par la désagrégation d'une roche calcaire.

Voici quelles sont les plantes qui garnissent ce pré et dans quelles proportions elles sont associées.

GRAMINÉES ... 5/10	Raygrass vivace.........	*Lolium perenne*..........	2/10
	Houlque laineuse........	*Holcus lanatus*...........	1/10
	Orge des prés...........	*Hordeum secalinum*.......	1/10
	Fétuque des prés........	*Festuca pratensis*.........	
	Paturin commun........	*Poa trivialis*............	
	Flouve odorante.........	*Anthoxanthum odoratum*..	
	Avoine jaunâtre.........	*Avena flavescens*.........	1/10
	Brome mou.............	*Bromus mollis*...........	
	Cretelle	*Cynosurus cristatus*.......	

LÉGUMINEUSES. 4/10	Petit trèfle jaune.......	*Trifolium filiforme*.......	2/10
	Trèfle blanc............	*Trifolium repens*.........	1/10
	Lotier corniculé........	*Lotus corniculatus*........	1/10
	Minette.................	*Medicago lupulina*........	
PLANTES DIVERSES. 1/10	Jacée...................	*Centaurea jacea.*	
	Barkause................	*Barkhausia taraxacifolia.*	
	Chrysanthème...........	*Chrysanthemum leucanthemum.*	
	Crête de coq...........	*Rhinanthus cristagalli.*	
	Renoncule..............	*Ranunculus acris.*	

Ces plantes diverses y apparaissent en quantité insignifiante. Ce foin, composé en grande partie de graminées et de légumineuses à peu près en égale proportion, est classé parmi les foins de première qualité. Il est très nutritif et convient spécialement aux animaux de travail. Il plaît aux animaux beaucoup plus que le foin récolté au bord de la rivière.

Les 8 hectares de prés arrosés par la pompe centrifuge ont occasionné une dépense de 4000 francs pour les irrigations et la mise en herbe.

A l'état de terre labourable, ce terrain valait de 700 à 750 francs l'hectare et pouvait se louer 25 francs l'hectare. Ces nouveaux prés, créés seulement depuis 1873, s'afferment à raison de 175 francs l'hectare. On voit que le capital engagé dans la création de ces huit hectares de prairie rapporte un intérêt très satisfaisant. Il est bon d'ajouter que la force distraite du moulin pour le fonctionnement de la pompe rotative est fournie gratuitement, la roue hydraulique ayant assez de puissance pour mouvoir en même temps la pompe et tous les appareils de la minoterie.

L'étude des prairies des Vosges n'a porté jusqu'ici que sur celles qui, soumises à un bon système d'irrigation, produisent en temps ordinaire un foin abondant et bien composé. Il en est d'autres qui, par suite de la mauvaise nature des eaux, ou des défauts du sol, ou d'un assainissement incomplet et insuffisant, produisent une herbe détestable et difficile à faire consommer par le bétail.

Nous nous contenterons d'en citer deux exemples :

Voici la composition d'une prairie de 47 hectares située dans la commune de la Houssière, canton de Bruyères, à l'altitude de 516 mètres. Le sol est siliceux, tourbeux en certains endroits. Il présente souvent l'aspect de la terre de bruyère. Le sous-sol est graveleux et doué d'une grande perméabilité. En somme, c'est un mauvais fond, acide et maigre; il n'a pas de pente apparente. On a

dû le disposer en planches fortement bombées pour en faciliter l'arrosage. Ces planches reçoivent l'eau d'un petit ruisseau, eau qui, avant de pénétrer dans la prairie, passe par une féculerie importante où elle se charge des principes fertilisants de la pomme de terre.

Néanmoins ces eaux n'étant pas en rapport avec l'étendue de la prairie, et le sol n'étant pas encore suffisamment désacidifié, l'herbe est restée mauvaise et peu abondante.

Les Graminées n'apparaissent que sur les bords des rigoles alimentées par l'eau de la féculerie; sur les planches, l'herbe n'est pas fauchable. On y observe les plantes suivantes :

PLANTES DIVERSES.. 9/10	Pédiculaire	*Pedicularis palustris.*
	Crête de coq	*Rhinanthus crista-galli.*
	Plusieurs joncs	*Juncus conglomeratus, acutiflorus.*
	Plusieurs laîches	*Carex cespitosa, acuta, riparia.*
	Valériane dioïque	*Valeriana dioica.*
	Silaüs des prés	*Silaüs pratensis.*
	Scorzonère	*Scorzonera humilis.*
	Arnica montana	*Arnica montana.*
	Cardamine des prés	*Cardamine pratensis.*
	Bruyères	*Erica vulgaris, tetralix.*
	Mousses	*Hypnum purum, etc.* *Sphagnum latifolium.*
	Fleur de coucou	*Lychnis flos-cuculi.*
	Plantain lancéolé	*Plantago lanceolata.*
	Jacée	*Centaurea jacea.*
	Reine des prés	*Spiræa ulmaria.*
	Angélique sauvage	*Angelica sylvestris.*
GRAMINÉES ET LÉGUMINEUSES. 1/10	Agrostis commune	*Agrostis vulgaris.*
	Fétuque durette	*Festuca duriuscula.*
	Fétuque queue de rat	*Festuca myuros.*
	Brize	*Briza media.*
	Fléole	*Phleum pratense.*
	Molinie bleue	*Molinia cærulea.*
	Canche gazonnante	*Aira cespitosa.*
	Kœleria cristata	*Kœleria cristata.*
	Lotier corniculé	*Lotus corniculatus.*
	Petit trèfle jaune	*Trifolium filiforme.*
	Trèfle des prés	*Trifolium pratense.*

Les Graminées et les Légumineuses sont chétives et claires semées; ce sont les plantes diverses qui dominent et qui composent la masse du foin.

Ces plantes sont elles-mêmes peu développées et ne donnent qu'une herbe médiocre et peu nutritive.

Si l'on n'avait égard qu'à l'énumération des Graminées sans tenir compte de leurs proportions avec les plantes diverses, on serait tenté de penser que la prairie n'est pas bien mauvaise, mais il faut faire attention que ces graminées ne constituent qu'un dixième de la masse du foin.

Parmi ces graminées il s'en trouve deux, la molinie bleue (*Molinia cœrulea*) et la canche gazonnante (*Aira cespitosa*) dont la présence est un indice certain de la mauvaise qualité du sol. Ces plantes refusées des animaux en herbe et en foin ne viennent spontanémen que dans les terres de bruyères.

Au milieu des plantes diverses on rencontre la pédiculaire, les joncs, les laîches, les bruyères et les mousses, végétaux des terrains maigres et mal assainis et dont la présence dans le foin dénote une qualité tout à fait inférieure. Peu de rendement et mauvaises plantes, tels sont les caractères saillants de cette grande prairie. Que faudrait-il faire pour la rendre meilleure et plus productive? Il faudrait la désacidifier par l'emploi des engrais potassiques et phosphatés, et la fumer abondamment soit avec du fumier de ferme, soit avec des eaux de féculeries. Par le drainage, ou l'assainissement à ciel ouvert, les plantes aquatiques (pédiculaires, joncs et laiches) disparaîtraient des places humides où ces végétaux dominent exclusivement. Le nivellement général de la prairie et sa mise en planches bombées ont occasionné des dépenses considérables de main-d'œuvre; ce sont des travaux qu'il est utile de conserver et qu'il faut se garder de détruire par une culture transitoire, comme on le pratique dans certains cas quand on veut améliorer un mauvais fond avant de le mettre en prairie. Ce ne serait pas le cas d'agir ainsi dans les circonstances présentes. Il sera plus simple et plus économique de modifier la nature de l'herbe et de lui donner plus de force et de vigueur par de bonnes fumures solides et liquides.

La prairie que nous venons d'étudier est mauvaise par le manque de bonnes eaux et par l'acidité et la stérilité du sol. Nous allons en décrire une autre rendue mauvaise au contraire par un arrosage exagéré et par le manque d'assainissement. Elle est située à Beauménil, à 45 mètres d'altitude, dans la vallée de la Vologne dont les eaux sont, dit-on, de qualité inférieure à celles de la Moselle. Les herbes y sont abondantes; mais ce sont les mauvaises plantes aquatiques qui forment la masse du foin. Voici les espèces principales qu'on y observe :

PLANTES DIVERSES. 8/10	Joncs	*Juncus conglomeratus, acutiflorus.*	4/10
	Bistorte	*Polygonum Bistorta*	2/10
	Populage	*Caltha palustris*	
	Reine des prés	*Spiræa ulmaria*	2/10
	Valeriane dioïque	*Valeriana dioica*	
	Scorzonère	*Scorzonera humilis*	
GRAMINÉES. 1/10	Manne de Pologne	*Glyceria fluitans*	1/10
	Agrostis vulgaris	*Agrostis vulgaris*	
	Raygrass vivace	*Lolium perenne*	
LÉGUMINEUSES. 1/10	Trèfle des prés	*Trifolium pratense*	1/10
	Petit trèfle jaune	*Trifolium filiforme*	

Ce qui fait le mal de cette prairie, c'est l'eau de la rivière qui la couvre d'une manière permanente. Si elle se ressuyait par intermittence, et si les canaux de décharge étaient mieux entretenus et curés régulièrement, les joncs, la bistorte et le populage disparaîtraient, les Graminées et les Légumineuses prendraient le dessus, et le foin ne tarderait pas à se transformer et à devenir meilleur.

Parmi les Graminées, il en est une dont la présence dénote l'excès d'eau dont souffre cette prairie. C'est la manne de Pologne, l'une des rares Graminées qui pousse le pied dans l'eau et qui ne se plaît qu'au bord des étangs et dans les eaux courantes.

La flore de cette prairie s'observe dans les vallées des Vosges, où les prairies trop fortement arrosées ne jouissent pas d'un mode d'assainissement en rapport avec la quantité d'eau qu'elles reçoivent. Dans ce cas, l'eau y séjourne sans interruption pendant toute l'année. Par ces dernières années qui ont été humides et pluvieuses les prés bas ont plus souffert de l'excès d'eau qu'ils n'ont profité des irrigations. Les assainissements négligés et insuffisants favorisent le développement des espèces aquatiques au détriment des bonnes plantes fourragères.

Espérons que par des années plus sèches et plus chaudes, l'effet inverse se produira. Il se manifestera par la prédominance des bonnes plantes sur les mauvaises.

La même critique ne peut s'adresser aux prés de montagne. Là, la forte inclinaison des surfaces produit un assainissement naturel qui s'effectue sans que l'irrigateur ait la peine d'y veiller et d'y mettre la main.

V

Pratiques de l'arrosage.

Après cette revue générale des prés hauts et des prés bas et l'étude attentive des plantes qui les garnissent et qui produisent le

foin, il n'est pas inutile de résumer les règles pratiques qui président aux irrigations de ces diverses prairies.

Le Vosgien a l'instinct et le sentiment des irrigations ; il en apprécie tellement les bons effets, que souvent il dépasse le but en mettant dans ses prairies plus d'eau qu'il n'en faut pour le bien de la végétation.

Il excelle dans la manière de dresser et de régulariser les surfaces. Rien ne lui coûte pour rendre ses prairies parfaitement planes et unies. En même temps qu'il régularise ses surfaces par des déblais et des remblais, il s'efforce de donner à son terrain la plus forte inclinaison possible, redoutant l'horizontalité toujours défavorable à l'irrigation et à la bonne composition de l'herbe.

S'aperçoit-il qu'une place trop haute ne reçoit pas d'eau en quantité suffisante, il s'empresse d'enlever le gazon avec précaution, de supprimer le relief du terrain et de replaquer le même gazon en raccordant exactement cette surface avec le plan des surfaces contiguës.

C'est dans les vallées qu'on éprouve le plus de difficultés à établir les surfaces inclinées qui assurent le succès de l'arrosage. Les planches en ados présentant deux surfaces symétriques et également inclinées, et recevant l'eau sur la ligne de faîte, sont rarement usitées à cause des frais de main-d'œuvre qu'elles exigent pour leur établissement. On préfère une série de planches à une seule pente et disposées suivant la situation naturelle du terrain. Ce sont des séries de plans plus ou moins inclinés sur lesquels il importe de répartir aussi également que possible l'eau d'un cours d'eau quelconque.

Si la surface irriguée est trop basse par rapport à la rivière, on relève cette eau par un barrage établi au point le plus convenable sur la rivière. Sur la Moselle, les barrages ont de l'importance et ont été solidement établis par des hommes de l'art. Sur les ruisseaux de peu d'importance, on se contente d'une maçonnerie en pierres sèches et en blocs assez gros pour résister aux plus fortes crues de la rivière. Ces barrages forment déversoir pour l'écoulement de l'eau dans les fortes crues et dans les moments où la prairie cesse d'être arrosée. Du barrage, l'eau passe dans un canal de dérivation destiné à alimenter tout un système de rigoles principales à faible pente. Ces rigoles sont régulièrement parallèles et de petites dimensions, ayant $0^m,12$ à $0^m,15$ de largeur et $0^m,03$ à

$0^m,04$ de profondeur, tandis que le canal de dérivation offre, au contraire, en largeur et en profondeur, des dimensions plus ou moins considérables, suivant la quantité d'eau dont on peut disposer et l'importance de la surface à arroser.

Quand les prairies sont très étendues, on y établit souvent deux systèmes de rigoles, des rigoles principales s'alimentant directement par le canal de dérivation, et des rigoles secondaires s'alimentant par les rigoles principales. Ces rigoles sont parallèles et à faible pente et établies de telle sorte que l'eau vierge soit dirigée également sur toutes les surfaces et puisse se retirer promptement par des canaux de décharge creusés dans les parties les plus basses du terrain. On fait entrer l'eau dans ces différentes rigoles par des vannes ou des gazons qui forment barrage.

Au lieu de rigoles secondaires à faible pente, c'est-à-dire à peu près parallèles à des rigoles qui seraient de niveau, souvent sur la rigole principale qui a $0^m,20$ de profondeur, et $0^m,20$ ou $0^m,30$ de largeur, on tire des rigoles perpendiculaires de peu de profondeur sur lesquelles on établit de chaque côté et symétriquement de petites rigoles de même forme, le tout disposé en patte d'oie. Ces petites rigoles de répartition sont le triomphe de l'irrigateur vosgien, elles sont peu larges et très superficielles, elles donnent l'eau au collet de la plante, et la font courir partout, distribuant également l'humidité et les substances utiles aux graminées et aux autres espèces dont les racines se tiennent près de la surface. L'irrigateur n'est point avare de ces petites rigoles, il en ouvre partout où il reconnaît que l'herbe a besoin d'être ravivée et fortifiée. Si l'irrigation est bien conduite, l'herbe et le terrain s'améliorent infailliblement dans le voisinage immédiat de ces dernières ramifications de l'arrosage, et la prairie perdrait bien vite son homogénéité si ces petites rigoles demeuraient toujours à la même place. Aussi l'observateur intelligent a soin de les déplacer de temps en temps. Les gazons des nouvelles rigoles servent à combler les rigoles qu'on veut déplacer.

Quant à la répartition des eaux entre les propriétaires, il est rare qu'elle se fasse d'après un règlement administratif. Elle s'opère arbitrairement entre les riverains, et l'eau appartient au premier occupant. On ne se gêne pas pour couper l'eau du voisin, la retirer de sa prairie et la prendre à son propre bénéfice. Par un sentiment égoïste qui n'est que trop commun parmi les hommes,

on prend l'eau à profusion et on fait du mal à son pré par excès d'eau, plutôt que d'en laisser profiter la prairie de son voisin.

Il serait utile de mettre obstacle à cette jouissance abusive de l'eau par une réglementation générale qui opérerait une équitable répartition de l'eau des rivières entre tous les riverains qui ont des prairies à arroser. C'est du reste ce qui se pratique pour quelques groupes de prairies sagement administrées par des associations syndicales.

A part ces écarts regrettables dans l'application des eaux, on peut dire que l'irrigateur vosgien, sans s'astreindre à un système méthodique d'irrigation, déploie néanmoins une grande habileté dans la pratique des arrosages. Il a l'instinct et le sentiment des pentes et des nivellements et parvient sans le secours des instruments de précision à régulariser les surfaces et à établir un système de rigoles excellent pour l'égale répartition de l'eau. Rien ne prouve mieux son habileté et sa grande expérience, que la qualité et l'abondance de l'herbe arrosée par ses soins.

Les dix-huit prairies que nous avons analysées sur différents points du département proclament éloquemment la supériorité du Vosgien dans l'entretien des prairies. Partout nous voyons une heureuse association de graminées, de légumineuses et de plantes diverses qui donnent d'excellent foin et en grande abondance.

VI

Proportions des espèces.

Ces prairies ont été examinées au mois de juin 1880, année mémorable par les rigueurs exceptionnelles de l'hiver. Les observations recueillies dans une année normale viendraient-elles confirmer celles de 1880? J'en ai l'intime conviction. Une vérité que le botaniste a l'occasion de vérifier souvent, c'est que les bonnes et les mauvaises espèces des prairies viennent spontanément, sous tous les climats, aux altitudes les plus variées et dans les terrains les plus différents. Les bonnes espèces, que ce soit des graminées, des légumineuses ou des plantes diverses, se plaisent et se développent dans les conditions les plus diverses, comme nos céréales cultivées, pourvu qu'on les confie à un sol fertile qui ne soit jamais ni trop sec, ni trop humide, ni envahi par les mauvaises herbes.

On ne cite que quelques espèces de peu d'importance qui soient exclusives et qui ne se montrent qu'à de fortes altitudes parfaitement déterminées. Quant aux espèces les plus utiles, on peut les obtenir partout et en très grande abondance, il suffit de soigner l'ensemencement et l'entretien de la prairie, de la fertiliser constamment par des fumures réparatrices ou par des eaux de bonne qualité.

Je ne veux pas dire qu'on maintiendra dans la prairie les bonnes espèces en même nombre et en mêmes proportions. Non, cette permanence des espèces sur le même sol serait contraire aux lois générales de la physiologie végétale. Le sol se fatigue à porter les mêmes plantes : d'une année à une autre, d'une place à une autre, sur la même prairie, les espèces varient en nombre et en proportion. Telle graminée, telle légumineuse, prédominante cette année, occupera l'année prochaine un rang secondaire, sans qu'on puisse connaître la cause de cet affaiblissement. Un engrais spécial, potassique, phosphaté ou azoté changera tout à coup la proportion des espèces en donnant la prédominance tantôt aux légumineuses sur les graminées, tantôt aux graminées sur les légumineuses. Les modifications incessantes de la prairie en ce qui concerne les proportions respectives des bonnes espèces ne portent pas de préjudice appréciable à l'exploitant, à la seule condition de veiller à ce que ce ne soit pas les mauvaises espèces qui deviennent dominantes et exclusives et à ce que le foin reste toujours abondant et bien composé.

VII

Tableau général des espèces.

Nous allons réunir, sous forme de tableau, les plantes que nous avons trouvées dans les prairies des Vosges, limitant cette liste aux espèces qui entrent pour une proportion appréciable dans la composition de l'herbe et du foin. Ce tableau sera la représentation fidèle de la végétation spontanée des prairies irriguées des Vosges.

Nous adopterons la classification qui nous a servi dans la description des prairies, et les plantes viendront se ranger dans les trois catégories que nous avons primitivement adoptées, à savoir : les graminées, les légumineuses et les plantes diverses.

Ce tableau renferme trois colonnes; la première donne les nu-

méros d'ordre des espèces, la seconde les noms français des plantes, la troisième indique par des chiffres combien de fois chaque espèce a été rencontrée dans les dix-huit prairies analysées, la quatrième résume les observations les plus utiles sur chaque plante.

TABLEAU GÉNÉRAL DE LA VÉGÉTATION SPONTANÉE DES PRAIRIES DANS LES VOSGES.

1re *catégorie. — Graminées.*

1	2 NOMS DES ESPÈCES	3	4 OBSERVATIONS
1	Agrostis commune..	16	C'est l'espèce la plus répandue et non la meilleure. Elle est trop tardive et trop envahissante.
2	Houlque laineuse...	15	Bonne plante comme précocité et comme abondance.
3	Cretelle............	12	Fine, précoce, mais rend peu de foin.
4	Flouve odorante....	11	Fine, précoce, parfume le foin, mais en donne peu.
5	Dactyle pelotonné...	10	Bonne plante, précoce, donne un foin très abondant
6	Fétuque des prés...	9	Assez bonne, moins estimable que la houlque et le dactyle.
7	Fétuque durette....	9	Moins bonne que la fétuque des prés.
8	Ray-grass vivace...	8	Précoce, bonne plante pour l'abondance de son foin.
9	Fromental.........	8	Précoce, très bonne plante, c'est elle qui rend le plus de foin.
10	Paturin commun...	8	Précoce, très fin, et donnant un foin de première qualité, abondance moyenne.
11	Fléole............	7	Tardive, bonne plante, mais s'accordant mal avec les espèces précoces.
12	Brize..............	7	Très fine, mais rendant peu de foin.
13	Avoine jaunâtre....	6	Très fine, rendement assez bon, préfère les terres calcaires.
14	Vulpin des prés....	4	Bonne plante, jamais dominante, et se défendant mal contre les autres espèces.
15	Phalaris coloré.....	4	Très forte plante, mauvaise pour le foin, pousse dans l'eau.
16	Avoine des prés....	3	Bonne plante, rare dans les Vosges.
17	Brome mou........	3	Plante grossière, bisannuelle, peu recommandable.
18	Fétuque blanche....	1	Plante rare, inutile à propager.
19	Orge des prés......	1	id. id.
20	Manne de Pologne..	1	Recherchée du bétail, mais ne pousse bien que dans l'eau.
21	Kœrelia cristata.....	1	Rare et inutile à propager.
22	Canche gazonnante.	1	Plante dure des terres de bruyères, refusée du bétail.
23	Molinie bleue.......	1	Même défauts, et même habitat que la précédente.
24	Festuca myaros.....	1	Rare et n'a aucun mérite comme plante fourragère.

Parmi ces vingt-quatre graminées, les plus estimables sont : la houlque laineuse, le dactyle pelotonné, le fromental, le paturin; elles se recommandent par leur précocité et l'abondance de leur foin. Viennent ensuite, par ordre de mérite : le ray-grass, la flouve odorante, la cretelle, l'avoine jaunâtre et la brize; elles donnent au foin la finesse et le parfum que ne possèdent pas les fortes graminées citées en première ligne pour leur précocité et l'abondance de leur foin. L'agrostis commune, quoique très répandue dans les Vosges et quoique très fine dans tous ses organes, n'est pas à multiplier. Elle est trop tardive, trop exclusive et trop gênante pour les autres espèces. Son foin et son herbe ne sont pas très recherchés des animaux. La fléole, plante tardive, et le vulpin, espèce estimée, ne sont pas abondants dans les Vosges, et ne jouent qu'un rôle effacé parmi les autres graminées. Les graminées qui viennent ensuite dans le tableau n'ont aucune qualité qui en prescrive la propagation dans les prairies. Les trois dernières sont mauvaises et ne croissent que dans les prairies de la dernière qualité.

2e *catégorie. — Légumineuses.*

1	2 NOMS DES ESPÈCES	3	4 OBSERVATIONS
1	Trèfle des prés.....	11	Donne de la qualité au foin quand il est abondant.
2	Trèfle blanc........	10	Espèce excellente, fournit moins que le trèfle des prés.
3	Petit trèfle jaune...	10	Le plus fin des quatre trèfles, très utile comme fond de pré.
4	Lotier.............	8	Donne un bon fourrage et assez abondant.
5	Minette............	3	Annuelle, se ressème tous les ans, assez rare, excellent fourrage.
6	Trèfle hybride......	1	Vient bien dans les terrains jurassiques, fourrage excellent et assez abondant.

Toutes ces légumineuses sont des plantes estimées; elles donnent de la qualité au foin et ne sont jamais trop abondantes dans les prairies.

3e catégorie. — Plantes diverses.

1	2 NOMS DE PLANTES	3	4 OBSERVATIONS
1	Berce..............	12	Ombellifère très grossière, nuisible quand il y en a trop.
2	Patience...........	11	Grossière et mauvaise qu'on devrait extirper.
3	Renoncule.........	10	Nuisible et mauvaise quand elle devient dominante.
4	Fleur de coucou....	10	Assez fine et n'est pas mauvaise dans le foin.
5	Jacée..............	9	Assez fine et ajoute de la qualité au foin.
6	Chrysanthème......	9	Plante assez grossière ne faisant pas de mauvais foin.
7	Scabieuse..........	9	Joue le même rôle que le chrysanthème.
8	Crête de coq.......	8	Plante parasite qui épuise les graminées et qu'il faut détruire.
9	Plantain.......... .	7	Bon pour les animaux en vert et en sec.
10	Bistorte............	5	Mauvaise polygonée dont il faut empêcher la multiplication.
11	Barkhause..........	5	Plante grossière supportable dans le foin.
12	Campanules........	4	Bonnes espèces en vert et en sec.
13	Colchique..........	4	Plante vénéneuse qui ne devrait pas être tolérée.
14	Reine des prés.....	4	Bonne plante pour le foin et le regain.
15	Joncs..............	4	Mauvaises espèces qui déprécient la valeur du foin.
16	Scorsonnère........	4	Acceptable dans le foin.
17	Salsifis............	3	Acceptable dans le foin.
18	Cerfeuil...........	3	N'est pas mauvais et parfume le foin.
19	Sanguisorbe........	3	Ne nuit pas à la qualité du foin.
20	Cardamine	3	Sa présence n'est pas désirable, elle est mûre et desséchée avant le fauchage.
21	Alchemille.........	3	Contribue à la qualité du foin.
22	Peucedane.........	2	Ajoute à la qualité du foin.
23	Pimprenelle........	2	Fait de bon foin.
24	Carex divers.......	2	Aussi mauvais que les joncs, déprécient le foin.
25	Arnica.............	2	Ne nuit pas au foin.
26	Hypochéride	2	Ne nuit pas au foin.
27	Valériane....	2	N'est pas mauvaise dans le foin.
28	Phyteuma..........	1	Même valeur que la valériane.
29	Petite renoncule....	1	Mauvaise comme toutes les renoncules.
30	Carum carvi........	1	Ombellifère qui ne nuit pas au foin.
31	Géranium..........	1	Ne nuit pas à la qualité de l'herbe.
32	Ail................	1	Rare et insignifiant.
33	Galliet jaune.......	1	Plante fine et bonne pour le foin
34	Gaiium mollugo.....	1	Même propriété que la précédente.
35	Leontodon.........	1	Ne nuit pas au foin.
36	Silene.............	1	N'est pas mauvaise dans le foin.
37	Pédiculaire.........	1	Mauvaise plante à détruire.
38	Silaüs.............	1	Ombellifère de bonne qualité.
39	Bruyères..........	1	Mauvaises dans le foin.
40	Mousses...........	1	Nuisent aux autres plantes de la prairie.
41	Angélique..........	1	Ombellifère grossière à détruire.
42	Populage...........	1	Plante vénéneuse qu'il faut extirper.
43	Jacobée......... ...	1	Assez grossière, rare dans les prairies.
44	Bétoine............	1	Labiée qui ne nuit pas au foin.

Ces quarante-quatre espèces se sont montrées en proportions

appréciables dans les prairies des Vosges. Il s'y joint beaucoup d'autres espèces que nous avons passées sous silence, parce que étant rares et peu développées, elles n'exercent aucune influence sur la composition de l'herbe et du foin.

Ces plantes se développent spontanément au milieu des graminées et des légumineuses; les bonnes espèces améliorent le foin et en augmentent la quantité, tandis que les mauvaises influent d'une manière fâcheuse sur toute la récolte. C'est par les engrais appropriés, les irrigations bien dirigées, et l'assainissement général du sol qu'on maintient la prédominance des graminées et des légumineuses et qu'on renferme la production des plantes diverses dans les proportions voulues pour obtenir constamment un foin abondant et bien composé. Nous n'avons pas rencontré dans les Vosges en proportions notables le pissenlit, la mille-feuilles, la carotte sauvage et quelques autres plantes de bonne nature qu'on observe dans les prairies des autres régions de la France.

Aidé d'un jeune agriculteur qui connaît bien les plantes, M. Berthault, élève très distingué de Grignon, nous avons exploré environ soixante prairies dans les Vosges, au moment le plus favorable pour déterminer les espèces qui les composent. Nous avons apporté la plus grande attention à en apprécier exactement le nombre et la proportion, ne négligeant que les plantes rares et dont la présence ne pouvait avoir aucune influence sur la qualité de l'herbe et du foin.

De ces nombreuses observations recueillies dans les circonstances les plus variées d'altitude, de situation et de terrain, se dégagent des renseignements qui ne sont pas sans utilité pour le praticien jaloux d'imiter les bonnes pratiques des Vosges, pour tout ce qui concerne la création, la composition et l'entretien des prairies; la préparation, les dispositions des surfaces, le système d'arrosage et la conduite de l'eau aux différentes époques de l'année. Résumons en quelques lignes, qui seront la conclusion de cette étude, les observations et les pratiques qui résultent de l'examen des meilleures prairies de ce département.

Parmi les graminées, les quatorze premières de notre tableau de la première catégorie sont de bonne qualité, sous la réserve, pour l'agrostis, de ne lui permettre jamais un rôle dominant. Les plus estimables parmi ces quatorze espèces sont : la houlque, le dactyle, le fromental, le ray-grass, le paturin, la flouve et l'avoine jaunâtre. Elles viennent dans tous les terrains, ne demandant au

sol que de la fraîcheur et de la fertilité. Les formules basées sur ces sept espèces valent infiniment mieux que les compositions fantaisistes et coûteuses qu'on trouve dans les catalogues de certains grainetiers.

Quant aux légumineuses, il n'y en a jamais assez et on ne saurait trop favoriser leur multiplication. Aux six espèces constatées dans les Vosges, on joindra avec avantage sur les terres calcaires : le sainfoin, l'antyllide vulnéraire et un peu de luzerne dans les fonds de première qualité. Pour ce qui est des plantes diverses, il est inutile d'en semer, on se contente de celles qui viennent spontanément, ayant soin d'arrêter le développement des plus mauvaises espèces. En ce qui concerne l'emploi de l'eau, voici comment se résument les pratiques du Vosgien :

Il veut avant tout que les surfaces soient parfaitement unies, et, en vallée, tous ses efforts tendent à leur donner le plus d'inclinaison possible. L'eau ne doit être stagnante en aucun endroit; elle doit se retirer promptement par des canaux de décharge bien entretenus. Les rigoles de distribution ont toujours de la pente, et cette pente est d'autant plus accusée que les surfaces à arroser se rapprochent de l'horizontalité.

Le nombre et l'espacement de ces petites rigoles se règlent à la demande du terrain et de l'herbe. La petite rigole est le filet d'eau qui arrose chaque plante sans qu'il y en ait une seule d'oubliée. L'eau se donne à foison sur les terrains caillouteux, sablonneux, siliceux où le liquide passe comme dans un filtre. Les intermittences et la cessation de l'arrosage se règlent sur l'état de la prairie et sur sa composition. On donne l'eau en grande abondance et sans compter, tant que les herbes se portent bien et qu'on ne voit pas la prairie disposée à se garnir de mauvaises plantes aquatiques. Quand au contraire le sol est argileux et imperméable, les arrosages sont plus espacés et moins abondants. On veille attentivement à l'assainissement du sol, la nature des plantes fournit à ce sujet de précieuses indications; les joncs et les laiches commandent l'assainissement et défendent l'arrosage. Il arrive souvent que dans la même prairie certaines places réclament l'assainissement et non l'arrosage, tandis que d'autres parties ont des exigences complètement opposées. Ces règles sont bonnes à suivre dans tous les pays, c'est pour cela que nous les signalons à l'attention des praticiens intelligents et amis du progrès.

La prairie bien soignée et bien entretenue est sans contredit la culture qui fournit le fourrage au meilleur marché. Aucune autre culture n'exige moins de main-d'œuvre et n'atteint un produit net aussi considérable. Aussi, sa valeur foncière, dans beaucoup de contrées, est égale à cinq et six fois celle des terres arables. On ne comprend pas que malgré tous ces avantages il existe encore tant de vallées humides ou mal arrosées ne produisant que des joncs, des laiches et des roseaux, assez mal utilisés pour la litière des animaux. Cependant ces surfaces, pour ainsi dire improductives, se convertiraient bien vite en riches prairies naturelles si, imitant les excellentes pratiques des Vosges, on les soumettait à un bon système d'assainissement et d'arrosage, après avoir préalablement uni et régularisé le sol et lui avoir donné artificiellement l'inclinaison sans laquelle l'irrigation demeure toujours sans effet et sans utilité.

La propriété foncière subit en ce moment une crise terrible dont il est difficile de prévoir dans l'avenir la durée et les funestes conséquences. Parmi les branches diverses de l'économie rurale, il n'en est aucune qui ait moins souffert que la prairie naturelle de l'inclémence de la température et de la concurrence étrangère sur notre propre marché. C'est donc procurer une force de plus à l'agriculture et un nouvel élément de richesse publique que de rendre bonnes les prairies mauvaises, et de convertir en prairies permanentes les terres arables aptes à la production de l'herbe et du foin.

ÉTUDES SUR LE SORGHO

Par F. MEUNIER.

Ancien élève de Grignon, attaché au laboratoire de physiologie végétale du Muséum.

De toutes les plantes industrielles importées en France depuis le commencement du siècle, il n'en est certainement pas qui se soient présentées avec plus d'éclat que le sorgho.

Cultivé tout d'abord en France, on le vit, en l'espace de quelques années, se répandre en Algérie, en Allemagne, en Russie et principalement en Amérique, où, depuis son introduction, on n'a cessé d'en accroître la culture et de rechercher, par une habile sélection, les variétés les plus riches en sucre.

En Europe, la culture du sorgho se propagea d'abord rapidement; on avait espéré que le sorgho était appelé à combler la lacune que présente la zone comprise entre les régions tropicales, seules propres

à la culture de la canne à sucre et le 45° parallèle, limite méridionale de la culture industrielle de la betterave ; mais dès qu'on se fut aperçu, que le sorgho ne présentait pas toutes les qualités qu'on lui avait prêtées lors de son introduction, il ne tarda pas à tomber dans l'oubli.

Cet abandon, quoique justifié par quelques insuccès, a été beaucoup trop rapide, car les insuccès que rencontrent quelquefois un procédé, une innovation, ne condamnent pas sans appel sa valeur industrielle. Les Américains, mieux avisés, comme je le disais l'année dernière[1], loin d'abandonner la culture du sorgho, qui semblait répondre à tant de besoins, ont au contraire poursuivi son étude, et ils se sont appliqués à en faire une plante véritablement industrielle. Leurs efforts ont été couronnés par un succès tel, qu'aujourd'hui, bien que les expériences ne soient pas encore complètement terminées, l'extraction du sucre de sorgho se fait déjà sur une grande échelle dans le centre et le nord de l'Union.

Les résultats obtenus en Amérique méritent de fixer l'attention des contrées encore dépourvues d'une plante saccharine ; il y aurait probablement là une ressource pour l'Algérie, et notamment pour les provinces méridionales dont la culture privilégiée est si compromise par le phylloxera ; aussi serait-il désirable d'y voir entreprendre quelques essais avec les variétés américaines.

Considéré au double point de vue de la fabrication du sucre et de l'alcool, le sorgho ne paraît pas avoir, comme l'ont montré nos expériences de l'an dernier, de chances de réussite dans le centre et surtout dans le nord de la France, où sa culture est beaucoup trop chanceuse et les sucres formés en trop faibles quantités pour être exploités.

Frappé de l'énorme différence qui existe entre les chiffres donnés par les Américains et ceux que nous avons obtenus en 1879, j'ai cru utile de reprendre ces expériences cette année, afin de constater l'influence qu'exercent la chaleur et la lumière sur la formation du sucre et de la glycose.

L'été et l'automne de l'année qui vient de s'écouler, ayant été certainement plus chauds que ceux de l'année 1879, exceptionnellement froids et humides, m'offraient d'excellentes conditions pour des expériences comparatives.

La variété de sorgho étudiée a été la même qu'en 1879, c'est-à-dire celle qui est désignée sur les catalogues de la maison Vilmorin

1. Voy. *Ann. agr.* 1879.

sous le nom de sorgho sucré. Les semis, en 1879, eurent lieu dans les premiers jours de mai, tandis qu'en 1880 ils ont été faits au commencement de juin, époque beaucoup trop tardive, car il est probable qu'avec des semailles plus précoces, la plante serait arrivée à parfaite maturité.

Pendant les sécheresses de juillet et d'août, les jeunes plants de sorgho ont été soumis à de fréquents arrosages, et, quoique semés plus tard que l'année précédente, ils présentèrent une végétation telle, qu'au mois d'octobre les panicules étaient complètement épanouies et la fécondation commencée, tandis que l'année précédente l'inflorescence était, à la même époque, à peine sortie de ses enveloppes ; en outre, les tiges étaient beaucoup plus élevées en 1880, et le rendement par hectare qui, en 1879, aurait à peine donné 45,000 kilogrammes atteignait cette année : 65,900 kilogrammes, se décomposant de la façon suivante :

Feuilles	15,750
Panicules	7,150
Tiges effeuillées	43,000
Total	65,900

Examen des feuilles. — Le tableau suivant renferme les résultats moyens des analyses faites en 1879 et 1880 :

TABLEAU I. — COMPOSITION DES FEUILLES RECUEILLIES LE 9 OCTOBRE.

ÉLÉMENTS DOSÉS.	POUR UN KILOGRAMME DE FEUILLES			
	NORMALES.		SÈCHES.	
	1880	1879	1880	1879
	gr.	gr.	gr.	gr.
Sucre	3.06	4.56	11.8	22.01
Glycose	4.56	5.65	17.5	27.29
Total des deux sucres.	7.62	10.21	33.3	49.30
Cendres	28.57	»	110.1	»
Acide phosphorique	1.486	»	6.5	»
Azote organique	6.374	»	24.56	»
— nitrique	traces.	»	traces.	»
Matière sèche	259.50	207.10	259.5	207.1

De la comparaison des deux analyses il ressort que les proportions de sucre et de glycose contenues dans les feuilles normales sont plus faibles en 1880 qu'en 1879, mais sensiblement dans le même rapport ; par contre la matière sèche y est en plus grande quantité. Cette différence, en matière sucrée, peut tenir à ce qu'en 1880, une grande partie des feuilles du bas des tiges étaient presque sèches et ne renfermaient qu'une quantité insignifiante de sucre et de glycose ; cette pauvreté relative d'une partie des feuilles diminuait donc la richesse totale pour cent ; en 1879, année exceptionnellement humide, toutes les feuilles persistaient entières et fraîches sur la tige. L'examen du deuxième tableau confirme cette manière de voir ; en effet, les proportions de matière sèche et de cendres, dans les feuilles du bas, sont plus fortes que celles des feuilles du haut; on voit aussi que la migration de l'azote et de l'acide phosphorique était commencée et qu'il y avait enrichissement de la partie inférieure.

L'augmentation d'un cinquième de matière sèche en 1880 est certainement due à l'influence de la saison qui a été plus chaude et a permis à la plante de se rapprocher davantage de la maturité.

TABLEAU II. — MIGRATION DE L'AZOTE ET DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE DES FEUILLES

	FEUILLES DU BAS DE LA TIGE.		FEUILLES DU HAUT DE LA TIGE	
ÉLÉMENTS dosés.	PAR KILOGRAMME de matière sèche.	PAR KILOGRAMME de matière normale.	PAR KILOGRAMME de matière sèche.	PAR KILOGRAMME de matière normale.
Cendres	183.0	54.4	71.4	19.03
Acide phosphorique	6.01	1.75	7.61	2.03
Azote	17.50	5.015	31.36	8.36
Matière sèche	292.3	292.33	266.8	266.8

Le premier tableau fait en outre ressortir la grande richesse des feuilles en azote et acide phosphorique. Cette richesse, quant à l'azote, est supérieure d'un sixième à celle de l'herbe de prairie qui, en moyenne, dose 5 grammes d'azote par kilogramme de fourrage vert.

Panicules. — Le troisième tableau renferme les analyses des panicules.

III. — COMPOSITION DES PANICULES.

ÉLÉMENTS DOSÉS.	PAR KILOGRAMME DE PANICULES NORMALES.			PAR KILOGRAMME DE PANICULES SÈCHES.		
	9 octobre 1879.	9 octobre 1880.	25 octobre 1880.	9 octobre 1879.	9 octobre 1880.	25 octobre 1880.
Sucre...........	5.08	4.35	12.3	35.95	13.18	34.3
Glycose..........	12.01	8.7	9.8	81.20	26.36	27.3
Total des 2 sucres.	17.09	13.05	22.1	117.34	39.54	61.6
Amidon..........	»	0.35	8.13	»	1.06	22.7
Cendres..........	»	13.14	15.91	»	39 8	44.4
Acide phosphorique	»	2.04	2.87	»	6.20	7.01
Azote organique..	»	5.08	5.84	»	15.4	16.3
— nitrique......	»	traces	0.012	»	traces	0.033
Matière sèche....	137.4	330.1	358.0	137.4	330.1	353.0

L'inspection des chiffres indiqués par les analyses du 7 et du 25 octobre 1880 montre que les panicules s'enrichissent de plus en plus de matériaux utiles à la formation de la graine. Cette augmentation est surtout très sensible pour l'amidon. En comparant les résultats de 1880 à ceux obtenus en 1879 à la même époque, on remarque que les principes sucrés sont en proportion beaucoup moindre en 1880; néanmoins le rapport entre les deux sucres est sensiblement le même. La diminution observée en 1880 provient, selon toute probabilité, du travail intérieur qui se fait au moment de la fécondation. Enfin, de ce tableau il ressort que si les panicules renferment déjà une quantité notable des éléments nécessaires à la formation de la graine, la migration n'est pas encore achevée : c'est ce qui résulte des chiffres suivants qui représentent la composition des graines ayant servi à l'ensemencement.

COMPOSITION DES GRAINES (PAR KILOGRAMME).

Eau...............................	152,0
Amidon..........................	615,0

Azote	18,6
Cendres	15,8
Acide phosphorique	7,8

Je ferai remarquer que le rapport de l'azote à l'acide phosphorique est ici le même que dans les panicules, ce qui confirme une fois de plus que la migration de ces deux éléments a lieu simultanément. La comparaison précédente n'est qu'approximative, vu que l'analyse a porté d'une part sur les graines et de l'autre sur les panicules se composant, en outre du rachis, des enveloppes et des jeunes ovules.

Tiges effeuillées. — Dans le quatrième tableau sont consignés les résultats des analyses de la tige complètement dépouillée de ses feuilles, cueillie à différentes époques.

TABLEAU IV. — COMPOSITION DES TIGES EFFEUILLÉES A DIFFÉRENTES ÉPOQUES

ÉLÉMENTS DOSÉS.	PAR KILOGRAMME DE MATIÈRE NORMALE.				PAR KILOGRAMME DE MATIÈRE SÈCHE.			
	4 août.	9 octobre.	23 octobre.	25 octobre.	4 août.	9 octobre.	25 octobre.	25 octobre
Sucre	2.57	20.4	37.4	38.0	20.0	84.9	136.0	133.0
Glycose	3.40	12.1	17.7	17.3	26.4	50.3	64.3	60.2
Total	5.97	32.5	55.4	55.3	46.4	135.2	200.3	192.2
Cendres	»	16.09	»	»	»	67.0	»	»
Acide phosphorique	»	1.515	»	»	»	6.31	»	»
Azote organique	»	2.18	»	»	»	8.66	»	»
— nitrique	»	0.606	»	»	»	2.94	»	»
Matière sèche	128.7	240.2	275.2	287.0	128.7	240.2	275.2	287.0

Les résultats fournis par ce tableau sont très importants. On voit tout d'abord que le sucre va constamment en augmentant dans la tige à mesure que la plante se développe ; la glycose ne croît que jusqu'au 23 octobre ; à partir de ce moment, il semble qu'elle ait une certaine tendance à diminuer et il est probable que les choses se passent ainsi quand la plante parcourt toutes les phases de sa végétation.

Le cinquième tableau que j'emprunte à un travail récent de M. Peter-Collier, chimiste américain, le constate de la manière la plus évidente.

TABLEAU V.

DATES.	DÉVELOPPEMENT.	VARIÉTÉ EARLY AMBER.			VARIÉTÉ LIBERIAN.		
		Eau p. °/°	Glycose p. °/° de jus.	Sucre p. °/° de jus.	Eau p. °/°.	Glycose p. °/° de jus.	Sucre p. °/° de jus.
Juillet 18	Les fleurs apparaissent sur la tige (fermée).......	82.7	3.77	4.43	83.15	4.1	5.7
» 26	— commencent à s'ouvrir................	63.19	3.14	7.85	79.32	3.5	4.7
Août 7	Fleurs ouvertes, grains laiteux..................	76.79	2.97	11.15	77.06	3.2	11.0
» 11	— brunissant, plus dur..................	73.77	2.36	13.78	74.58	2.4	12.9
» 13	— — grain plus dur.............	70.16	1.74	14.25	73.36	2.0	13.8
» 16	— — —	80.07	1.54	14.67	71.98	1.3	14.3
» 20	Graine presque sèche..........................	»	1.60	14.13	71.54	1.5	14.3
» 22	Grain dur mais se fendant......................	»	1.48	14.78	»	1.4	14.7
» 26	— — —	»	1.31	14.45	»	1.4	13.7
» 30	Le cœur de la canne devient rouge.............	70.78	1.33	14.72	71.34	1.0	12.2
Septem. 8	Mûre, graine sèche...........................	68.98	0.7	8.45	70.86	0.75	8.35
» 12	Mûre, graine emportée au loin..................	72.47	0.6	14.75	77.68	0.55	»
» 12	— — par les oiseaux...........	71.53	0.7	14.4	71.41	0.65	12.6
» 16	Mûre et sèche.................................	73.20	0.65	15.9	75.18	0.8	14.25
» 22	—	76.75	0.7	14.8	71.0	0.95	15.2
Octobre 3	—	68.46	1.1	14.4	73.91	1.1	14.15
» 13	—	69.7	0.1	15.8	70.45	0.95	14.05
» 20	—	66.74	0.95	15.75	73.07	1.1	11.8
» 29	Feuilles détruites par le froid....................	69.38	1.1	17.0	69.66	2.1	13.9
Novem. 8	Entièrement mortes............................	79.90	4.3	10.9	70.77	4.0	10.9

Il est à remarquer qu'à la même date, dans les deux années, la totalité des sucres est sensiblement la même :

	1879	1880
	—	—
Glycose........	19, 8	12, 1
Sucre..........	13,13	30, 4
Total........	32,93	32, 5

Mais les proportions pour chaque sucre sont renversées, et tandis qu'en 1879 le sucre de canne est de 13,13 pour 1000, en 1880, il est égal à 20,4; on est par suite conduit à conclure que le sucre de canne s'est formé aux dépens de la glycose.

La cause de l'inégalité observée entre les différents sucres est entièrement due à l'influence de la saison qui, en 1880, a été plus normale que celle de 1879. Or tout le monde sait que la chaleur et la lumière jouent un grand rôle dans la transformation de la glycose en saccharose. En effet, les plantes comme la canne à sucre, le sorgho, etc., qui dans les pays chauds renferment beaucoup de matière sucrée, n'en contiennent dans les contrées plus froides qu'une faible quantité et encore les sucres sont-ils représentés en majeure partie par de la glycose. Au moment où j'écris ces lignes je reçois une *Note sur le sorgho sucré*, par M. Perrey, directeur du laboratoire agronomique de Mettray, dans laquelle il rapporte des analyses qu'il a faites du sorgho sucré hâtif du Minnesota ayant poussé à Antibes, dans la succursale du Muséum d'histoire naturelle, établie dans le jardin Thuret. D'après ces analyses on peut constater que les tiges du sorgho, récoltées au moment favorable pour la fabrication sucrière, renferment 56,6 pour 1000 de sucre, et 53,7 de glycose. Ces nombres sont bien supérieurs à ceux que j'ai obtenus, le climat sous lequel le sorgho a poussé étant beaucoup plus chaud que celui de Paris. Mais quoi qu'il en soit, les résultats indiqués par M. Perrey sont encore au-dessous de ceux obtenus par les Américains, surtout quant à la richesse en sucre.

Des expériences comparatives de 1879 et 1880 il ressort qu'à l'avancement de maturité il ne correspond pas, d'une année à l'autre, une augmentation dans les principes sucrés; mais si au lieu de considérer la matière normale on rapporte les chiffres précédents à 1000 de matière sèche, on constate que les choses sont bien différentes :

	1879	1880
	—	—
Sucre p. 1000 de matière sèche....	86	84,9
Glycose, id.	129	50,2
Total p. 1000 de matière sèche...	215	135, 2

La proportion de sucre est sensiblement la même pour les deux années, mais la glycose et la matière sucrée totale sont bien supérieures en 1879 ; ainsi l'an dernier, à un poids donné de matière sèche correspond une plus grande richesse en glycose et principe sucré que cette année. Cette différence est probablement due au développement très inégal des plantes pendant les deux années. En 1879, au moment de la prise d'échantillons, les ovules étaient absolument vides; ils commençaient à se remplir en 1880, ainsi que nous l'avons constaté dans l'analyse des panicules qui figure au troisième tableau; on y voit notamment avec quelle rapidité l'amidon s'y accumule, puisque le 9 octobre un kilogramme de matière sèche renferme 1.06 d'amidon et 22.7 le 25 octobre.

Le quatrième tableau permet de constater également, qu'en 1880, la matière sèche augmente régulièrement en même temps que la saccharose et à mesure que la plante avance en âge.

Les analyses du 9 octobre indiquent pour les tiges effeuillées une richesse moyenne de 0.218 d'azote soit 1.36 de matière azotée. La relation nutritive des tiges fraîches serait égale à 1/7.1. M. Perrey[1] arrive au même résultat pour le sorgho provenant d'Antibes. La culture du sorgho comme plante fourragère donnerait certainement d'excellents produits, mais, comme on le verra plus loin, il a le défaut d'être très épuisant, et lorsqu'on le cultive sur un sol riche en nitrate, il peut renfermer quelquefois une telle proportion de ce sel qu'il ne doit être distribué aux animaux qu'avec de grandes précautions. En effet, personne n'ignore que l'azotate de potasse est un puissant diurétique à la dose de 61 grammes pour les grands ruminants; administré en plus grande quantité, il détermine une maladie des reins et une inflammation des intestins pouvant occasionner la mort. Les analyses rapportées au quatrième tableau montrent qu'un kilogramme de tiges effeuillées et fraîches contient 606 milligrammes d'azote nitrique correspondant à 4^gr^,3 d'azotate de potasse. Si l'on suppose une ration journalière, pour des bœufs ou des vaches, de 40 kilogrammes de tiges par tête, on

1. *Loco citato.*

voit que chaque animal absorbe, en vingt-quatre heures, 172 grammes d'azotate de potasse, c'est-à-dire le triple de la quantité indiquée comme constituant un très fort diurétique. On conçoit qu'une alimentation semblable amène forcément de graves indispositions et même des maladies mortelles ; et il est probable que les différents cas d'empoisonnement causés par le sorgho doivent se rattacher à cette richesse accidentelle en nitrate de potasse. Cette hypothèse me paraît d'autant mieux justifiée que dans les symptômes qui accompagnent l'empoisonnement par le sorgho on a toujours signalé de fréquentes envies d'uriner. En effet, voici ce qu'écrivait, en 1856, M. Doussineau, cultivateur à Allonnes, le premier qui ait constaté l'action vénéneuse du sorgho : « Le repas, dit-il, à peine terminé, vers midi toutes les vaches, à l'exception de trois qui refusèrent complètement cette nourriture (le sorgho), furent malades.

» Les symptômes qu'elles présentaient étaient ceux-ci : tremblements généraux ; respiration profonde, accélérée ; air hébété, somnolence marquée ; voussure des reins ; ballonnement léger, trépignements continuels des membres postérieurs ; *envies fréquentes d'uriner ;* saillie des yeux hors de l'orbite, absence d'appétit, suspension de la rumination. » Tous ces symptômes, et en particulier les envies d'uriner, ont été également constatés par MM. Malfin, Alby, Ader, etc.

Je dois mentionner ici que j'ai essayé, en 1879 et 1880, à plusieurs reprises, de faire cristalliser le sucre contenu dans le jus de cannes effeuillées, mais bien que pour la défécation, j'eusse employé le sous-acétate de plomb, dont l'excès était précipité par l'hydrogène sulfuré, bien que l'évaporation eût lieu à 80°, je n'ai réussi qu'à obtenir un sirop d'assez mauvais goût. La cause de cet insuccès est certainement due à la pauvreté du jus en sucre et à sa richesse en glycose et azotate de potasse qui, comme on le sait, empêchent la cristallisation de la saccharose. M. Perrey[1], bien qu'il ait opéré sur des cannes près de cinq fois plus riches en matière sucrée, n'a pas réussi davantage à en faire cristalliser le sucre.

Les essais sur la fermentation ont été plus heureux, et j'ai pu constater que le jus de sorgho fermente très facilement. Ainsi, un litre de jus additionné de 10 grammes de levûre de bière et soumis à la distillation, après trente-six heures, a fourni 52^{cc} d'alcool

1. *Loc. cit.*

marquant 47° à l'alcoomètre de Gay-Lussac, ce qui représente 24,4 d'alcool absolu correspondant à 49 de sucre ou de glycose. Le dosage direct par la liqueur de Fehling, après interversion, accusait 50,5. La fermentation se fait donc facilement, mais l'alcool que j'ai obtenu avait une odeur empyreumatique rappelant celle de l'alcool de betterave. Redistillé avec du bicarbonate de soude, l'odeur, quoique moins forte, n'en persistait pas moins.

Epuisement du sol par le sorgho. — L'épuisement de la terre par la culture du sorgho a été, pendant les premières années qui ont suivi l'introduction de cette plante en France, l'objet d'une vive discussion; mais grâce aux travaux de M. Isidore Pierre, cette question est aujourd'hui résolue, et l'on s'accorde généralement à considérer le sorgho comme une plante très épuisante.

Les dosages d'azote et d'acide phosphorique consignés aux tableaux I, III et IV, exécutés dans le but de vérifier ceux du savant doyen de la Faculté des sciences de Caen, les confirment pleinement. En effet, le rendement par hectare, comme je l'ai signalé plus haut, aurait été de :

	15750 kilogrammes	de feuilles.
	7150 —	de panicules
	43000 —	de tiges effeuillées.
Total :	65900 kilogrammes.	

Les feuilles seules auraient enlevé au sol:

100k d'azote.
22k.8 d'acide phosphorique.

Pour les panicules, le prélèvement aurait été de :

41k d'azote
20k.5 d'acide phosphorique.

Enfin les tiges effeuillées n'enlèveraient pas moins de:

93k.7 d'azote.
64k.5 d'acide phosphorique.

La récolte de 65900 kilogrammes aurait donc, de ce fait, enlevé au sol:

235k d'azote.
108k d'acide phosphorique.

Il convient en outre d'ajouter à ces chiffres 26 kilogrammes d'azote provenant de l'azotate de potasse, ce qui porterait à 261 kilogrammes la quantité d'azote enlevée par hectare.

Ces résultats sont en tous points semblables à ceux obtenus par M. Isidore Pierre, qui constate par ses analyses qu'une bonne récolte de sorgho presque mûr, enlèverait au sol :

255k d'azote.
105k d'acide phosphorique.

Cependant, suivant M. Perrey, il n'en serait pas de même pour le sorgho poussant sous un climat chaud ; d'après les analyses de ce chimiste, un rendement moyen de 30000 kilogrammes ne ferait perdre au sol que

28k.47 d'acide phosphorique.
51k.69 d'azote.

Composition des nœuds et des entre-nœuds. — Les résultats des analyses des nœuds et des mérithalles (entre-nœuds) sont réunis dans le tableau VI.

TABLEAU VI. — RÉPARTITION DES ÉLÉMENTS DOSÉS DANS LES NŒUDS ET ENTRE-NŒUDS.

ÉLÉMENTS DOSÉS.	PAR KILOGRAMME DE MATIÈRE NORMALE.				PAR KILOGRAMME DE MATIÈRE SÈCHE.			
	NŒUDS.		ENTRE-NŒUDS.		NŒUDS.		ENTRE-NŒUDS.	
	10 octobre.	18 octobre.	10 octobre	18 octobre.	10 octobre.	18 octobre.	10 octobre.	18 octobre.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Sucre	20.6	30.4	27.4	34.4	101.0	141.4	103.9	124.1
Glycose	11.4	13.4	11.4	11.8	55.9	61.8	47.1	42.4
Total	32.0	43.8	38.8	46.2	156.9	203.2	151.0	166.5
Cendres	19.38	»	16.27	»	95.0	»	61.4	»
Acide phosphorique	1.374	»	1.509	»	6.51	»	6.03	»
Azote organique	1.858	»	2.120	»	9.11	»	8.41	»
Matière sèche	204.00	215.0	265.1	278.0	204.0	215.0	265.1	278.6

Examen de la matière normale. — L'examen de la première partie de ce tableau montre qu'au 10 octobre les mérithalles sont plus riches en sucre que les nœuds ; cette supériorité diminue à mesure que la plante avance en âge ; la glycose, au 10 octobre, est

en égale quantité de part et d'autre, mais le 15, les nœuds en contiennent davantage que les mérithalles, où elle reste sensiblement dans la même proportion. Enfin, les entre-nœuds renferment plus de matière sucrée totale, plus d'acide phosphorique, d'azote organique et de matière sèche que les nœuds, qui sont eux-mêmes plus riches en cendres. Les différences observées entre la composition des diverses parties considérées tient à l'inégale richesse en eau des nœuds et des entre-nœuds, car, en rapportant les chiffres précédents à la matière sèche, on voit que les résultats sont tout différents.

Examen de la matière sèche. — La deuxième partie du tableau VI montre qu'à poids égal de matière sèche, les nœuds sont toujours plus riches en sucre, glycose, etc., que les mérithalles ; il n'y a d'exception que le 10 octobre pour le sucre de canne. Cette supériorité en poids des éléments dosés tient à ce que les nœuds sont constitués en majeure partie par des faisceaux qui, contenant les vaisseaux de transport des racines aux feuilles, et des feuilles à la tige, doivent forcément être plus riches en cendres, glycose, azote, etc., que les mérithalles, dont la moitié est formée par un tissu de cellules vides.

RÉPARTITION DU SUCRE ET DE LA GLYCOSE DANS LES DIFFÉRENTES PARTIES DE LA TIGE EFFEUILLÉE.

Examen de la matière normale. — Le tableau de la page 86 permet de constater l'augmentation de la matière sucrée totale, du sucre de canne et de la matière sèche dans les diverses parties de la tige effeuillée à mesure que la plante approche de la maturité. Le même phénomène s'observe pour la glycose dans le centre et le haut de la tige, mais dans la partie inférieure elle diminue avec l'âge de la plante. On remarquera également que la distribution de la matière sucrée est variable suivant l'époque à laquelle on considère la plante ; ainsi, le 9 octobre, elle va constamment en augmentant de bas en haut ; la partie supérieure présente ainsi le maximum de richesse, tandis que le minimum se trouve à la partie inférieure ; le 17 et le 20 octobre, c'est dans la partie centrale qu'on observe la plus forte quantité de sucre et de glycose ; la partie inférieure est ici la moins riche. De la moyenne de ces trois analyses, il ressort que c'est la partie moyenne de la tige qui est la plus riche, ce qui vérifie ce que j'avais déjà constaté l'année précédente.

TABLEAU VII. — RÉPARTITION DU SUCRE ET DE LA GLYCOSE DANS LES DIFFÉRENTES PARTIES DE LA TIGE EFFEUILLÉE.

ÉLÉMENTS DOSÉS.	PAR KILOGRAMME DE MATIÈRE NORMALE.									PAR KILOGRAMME DE MATIÈRE SÈCHE.								
	BAS DE LA TIGE.			CENTRE DE LA TIGE.			HAUT DE LA TIGE.			BAS DE LA TIGE.			CENTRE DE LA TIGE.			HAUT DE LA TIGE.		
	9 octobre.	17 octobre.	20 octobre.	9 octobre.	17 octobre.	20 octobre.	9 octobre.	17 octobre.	20 octobre.	9 octobre.	17 octobre.	20 octobre.	9 octobre.	17 octobre.	20 octobre.	9 octobre.	17 octobre.	20 octobre.
Sucre....	18.5	36.6	38.6	22.8	34.5	36.2	19.9	22.1	23.5	81.8	144.0	14.7	70.0	94.5	97.8	68.8	72.9	77.8
Glycose..	10.4	8.0	7.2	13.4	15.4	16.8	19.6	20.8	21.5	45.3	31.9	27.4	41.1	41.3	45.2	67.8	69.0	70.0
Total....	28.9	44.6	46.8	36.2	49.9	53.0	39.5	42.9	45.0	127.1	175.9	174.4	111.1	135.8	153.0	136.6	141.9	147.8
Mat. sèche	229.5	264.0	262.0	325.3	368.0	371.0	298.9	299.0	302.0	229.5	254.0	262.0	325.30	368.0	371.0	298.9	299.0	302.0

Voici les résultats :

	1879 — Matière sucrée.	1880 — Matière sucrée.
Bas de la tige........	32.28	39.7
Centre de la tige......	35.7	46.4
Haut de la tige........	32.4	42.4

Cette abondance relative de matière sucrée dans le milieu de la tige est due à ce que, dans cette partie de la tige, les nœuds sont beaucoup plus éloignés les uns des autres que dans le bas et le haut; par suite, il en résulte que dans le centre de la tige, il y a, à poids égal, une moins grande quantité de matière pauvre en sucre et glycose, car on a vu plus haut que les nœuds étaient moins riches en principes sucrés que les mérithalles. En 1854, dans un article publié dans le *Journal d'agriculture pratique*, Louis Vilmorin avait signalé cette plus grande richesse en matière sucrée du milieu de la tige.

En prenant la moyenne des trois analyses pour chaque partie de la plante, on obtient les résultats suivants :

	Bas de la tige.	Centre.	Haut.
Sucre..................	31.2	31.2	21.8
Glycose................	8.5	15.2	20.6
Total...........	39.7	46.4	42.4

Le bas de la tige et le centre contiennent la même quantité de sucre de canne, mais la partie supérieure est beaucoup plus pauvre; par contre, la glycose augmente de bas en haut. M. Peter Collier a constaté le même fait sur des cannes à sucre poussées à Madras :

	Bas de la tige.	Centre.	Partie supérieure.
Sucre................	138.5	136.4	94.9
Glycose..............	7.1	7.36	24.3
Total..........	145.6	143.76	119.2

Enfin, on remarquera que les chiffres consignés dans les colonnes du 17 et du 20 octobre se rapprochent encore davantage de ceux-ci quant à la répartition du sucre et de la glycose.

Examen de la matière sèche. — En rapportant les analyses précédentes à la matière sèche, on constate que le sucre de canne diminue régulièrement de la base de la tige à la partie supérieure,

tandis que la glycose suit une marche tout à fait opposée. Le tableau suivant représente la moyenne des trois analyses :

	Bas de la tige.	Centre.	Haut.
Sucre	124.2	87.4	73.2
Glycose	34.8	42.5	68.9
Total	159.0	129.9	142.1

En 1879, la glycose suit la même marche qu'en 1880, mais il en est autrement pour le sucre de canne, ainsi que le montrent les chiffres suivants :

	1879.		
	Bas de la tige.	Centre.	Haut.
Sucre	91.3	76,8	93,3
Glycose	109.3	132,5	188,9
Total	200.3	209.3	282.2

Enfin, on remarquera aussi qu'en 1879, pour le même poids de matière sèche formé, il y a beaucoup plus de glycose et de matière sucrée qu'en 1880.

RÉPARTITION DU SUCRE ET DE LA GLYCOSE DANS LE PARENCHYME ET LA MOELLE DES DIFFÉRENTES PARTIES DE LA TIGE EFFEUILLÉE.

Les chiffres consignés dans le tableau VIII sont rapportés à 1 kilogramme de matière.

Examen du parenchyme. — L'inspection du tableau VIII permet de constater que le parenchyme de toutes les parties de la tige s'enrichit en sucre, glycose et matière sèche, à mesure que la plante avance en âge ; mais tandis que la répartition de la glycose dans le parenchyme reste la même dans les deux analyses faites à différentes époques, le sucre de canne varie suivant l'état de maturité à laquelle on considère la plante. En effet, le 10 octobre, le maximum de sucre se trouve dans le parenchyme du haut, et le minimum dans celui du centre ; le 25 octobre, c'est le parenchyme du bas qui est le plus riche, et celui du centre le plus pauvre.

En comparant les analyses de 1880 à celles de 1879, on voit que le sucre de canne suit, dans les deux années, une marche analogue mais différente pour la glycose et la matière sucrée totale.

Dans le tableau précédent, on constate que l'acide phosphorique

TABLEAU VIII. — RÉPARTITION DES ÉLÉMENTS DOSÉS PAR KILOGRAMME DE MOELLE ET DE PARENCHYME DANS LES DIFFÉRENTES PARTIES DE LA TIGE EFFEUILLÉE.

ÉLÉMENTS DOSÉS.	PAR KILOGRAMME DE MATIÈRES NORMALES.											
	BAS DE TIGE.				CENTRE DE LA TIGE.				HAUT DE LA TIGE.			
	Parenchyme.		Moelle.		Parenchyme.		Moelle.		Parenchyme.		Moelle.	
	10 octobre.	25 octobre.	10 octobre.	25 octobre.	10 octobre.	25 octobre.	10 octobre.	25 octobre.	10 octobre.	25 octobre.	10 octobre.	25 octobre.
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Sucre	18.7	36.5	17.9	43.3	16.8	29.4	26.9	42.5	20.9	30.7	18.1	28.2
Glycose	7.6	11.8	5.6	8.6	14.5	22.2	12.2	15.1	18.1	25.4	20.3	27.1
Total	26.3	48.3	23.5	51.9	31.3	51.6	39.1	57.6	39.0	56.1	38.4	55.3
Cendres	22.63	»	19.63	»	19.35	»	18.76	»	14.76	»	16.38	»
Acide phosphorique	2.08	»	1.036	»	2.09	»	1.375	»	2.18	»	1.648	»
Azote organique	22.76	»	2.438	»	2.701	»	1.811	»	3.252	»	1.773	»
— nitrique	0.237	»	1.575	»	0.178	»	1.551	»	0.123	»	0.937	»
Matière sèche	36.4	360.1	115.0	152.5	348.0	»	210.2	374.4	351.6	383.0	265.50	389.0

et l'azote organique augmentent constamment de bas en haut, tandis qu'au contraire les cendres et l'azote nitrique diminuent dans le même sens.

Examen de la moelle. — L'inspection du tableau VIII montre qu'à l'avancement de maturité correspond une augmentation de sucre et de matière sucrée totale dans la moelle du bas de la tige, mais une diminution dans le centre et le haut ; pour la glycose, cette diminution se constate dans toute la moelle.

On remarque aussi que dans cette partie de la tige, à l'exception de la glycose, qui suit une marche inverse, et du sucre de canne, le 10 octobre tous les éléments, diminuent régulièrement de bas en haut. Cette observation vérifie le fait que j'ai signalé en 1879, à savoir que, dans la moelle, le sucre et le glycose ont une distribution diamétralement opposée, mais comme on a pu le voir plus haut, cette vérification n'a pas lieu pour le parenchyme, et, tandis qu'en 1879, le sucre et la glycose augmentaient parallèlement, en 1880 il n'y a aucun rapport entre ces deux éléments.

EXAMEN COMPARATIF DE LA MOELLE ET DU PARENCHYME.

Le tableau IX indique les différences entre la composition de la moelle et du parenchyme, rapportés à 1 kilogramme de matières fraîches.

L'inspection de ce tableau montre que le parenchyme est beaucoup plus riche en matière sèche que la moelle ; mais cette supériorité diminue à mesure que la plante approche de sa maturité. On constate également que dans les analyses du 10 octobre, la moelle contient beaucoup plus d'azote nitrique que le parenchyme, qui est lui-même plus riche en matière sèche, azote organique, etc.; toutefois, on remarquera aussi que cette supériorité va en s'affaiblissant de bas en haut pour la matière sèche et l'acide phosphorique.

Enfin, du tableau précédent il ressort que la moelle renferme généralement plus de sucre que le parenchyme, qui est, par contre, plus riche en glycose. La supériorité en sucre de la moelle sur le parenchyme se constate principalement dans le milieu de la tige effeuillée.

Cette inégale répartition du sucre dans la tige avait été signalée, pour la canne à sucre, en 1865 par M. Icery, président de la chambre

TABLEAU IX. — DIFFÉRENCES DE COMPOSITION ENTRE LE PARENCHYME ET LA MOELLE.

ÉLÉMENTS DOSÉS.	BAS DE LA TIGE.						CENTRE DE LA TIGE.						HAUT DE LA TIGE.					
	10 OCTOBRE.			25 OCTOBRE.			10 OCTOBRE.			25 OCTOBRE.			10 OCTOBRE.			25 OCTOBRE.		
	P	M	D	P	M	D	P	M	D	P	M	D	P	M	D	P	M	D
Sucre.............	18.7	17.9	— 0.8	36.5	43.3	+6.8	16.8	26.9	+ 8.1	29.4	42.5	+13.1	20.9	18.1	— 2.8	30.7	28.2	—2.5
Glycose...........	7.6	5.6	— 2.0	11.8	8.6	—3.2	14.5	12.2	— 2.3	22.2	15.1	— 7.1	18.1	20.3	+ 2.2	25.4	27.1	+1.7
Total.............	26.3	23.5	— 2.8	48.3	51.9	+3.6	31.3	39.1	+ 5.8	51.6	57.6	+ 6.0	39.0	38.4	— 0.6	56.4	55.3	—0.8
Cendres...........	22.63	19.63	— 3.0		»	»	19.35	18.76	— 0.59	»	»	»	14.76	16.38	+ 1.52	»	»	»
Acide phosphorique.	2.08	1.03	— 1.05	»	»	»	2.09	1.37	— 0.62	»	»	»	2.18	1.64	— 0.52	»	»	»
Azote organique.....	2.76	2.43	— 0.33	»	»	»	2.70	1.81	— 0.89	»	»	»	3.25	1.77	— 1.48	»	»	»
— nitrique......	0.23	1.57	+ 1.34	»	»	»	0.17	1.55	+ 1.38	»	»	»	0.12	0.93	+ 0.81	»	»	»
Matière sèche......	344.0	115.0	—229	360.1	152.5	207.6	348.0	210.2	—137.8	375.7	374.4	— 1.3	351.6	265.5	—86.1	383.0	389.0	—6.00

1. P. Parenchyme. — 2. M. Moelle. — 3. D. Différence.

d'agriculture de l'île Maurice, dans un mémoire inséré aux *Annales de chimie et de physique*, tome II, 4e série. Voici les résultats :

	PORTION		
	Médullaire.	Corticale.	Nodulaire.
Sucre pour 1000...............	184	179	171

Les différences de composition que je viens d'indiquer entre la moelle et le parenchyme sont probablement dues en grande partie à l'inégale distribution de l'humidité dans la plante, car en rapportant les chiffres du tableau VIII à la matière sèche, on obtient le tableau X, dont les résultats sont complètement opposés.

Quoi qu'il en soit, la migration et la diffusion doivent aussi avoir leur importance dans la distribution des éléments. En effet, la migration joue, comme chacun le sait, un grand rôle dans la répartition des matériaux constitutifs d'une plante, et, dans le sorgho, comme dans la majeure partie des graminées, la migration doit principalement se faire par l'écorce, qui renferme presque tous les vaisseaux. Si l'on admet cette manière de voir, on s'explique immédiatement l'accumulation de la glycose, de la matière sucrée totale, etc., dans le parenchyme du haut de la tige, accumulation qui n'est autre chose que le résultat d'un phénomène de migration ordinaire.

Contrairement à la migration, la diffusion serait principalement localisée dans la moelle de la tige formée presque en totalité par des cellules inertes et gorgées d'eau, et par cela même favorable à la diffusion. Les éléments solubles diminueraient de bas en haut, et, en admettant même que la moelle ait, dans toute son étendue, une composition identique, l'équilibre ne tarderait pas à être rompu, attendu que, dans la panicule, les éléments devenant insolubles, il y a, par suite des lois de diffusion, appel d'une nouvelle quantité de matières, d'où la conséquence d'un épuisement de proche en proche ou mieux de haut en bas.

Cette hypothèse de la localisation de la diffusion dans la moelle explique la diminution du nitrate de potasse de bas en haut; diminution assez régulière, comme le montrent les analyses consignées au tableau suivant :

TABLEAU X. — RÉPARTITION DES ÉLÉMENTS DOSÉS DANS LE PARENCHYME ET LA MOELLE DES DIFFÉRENTES PARTIES DE LA TIGE EFFEUILLÉE.

ÉLÉMENTS DOSÉS.	PAR KILOGRAMME DE MATIÈRES SÈCHES.											
	BAS DE LA TIGE.				CENTRE DE LA TIGE.				HAUT DE LA TIGE.			
	Parenchyme.		Moelle.		Parenchyme.		Moelle.		Parenchyme.		Moelle.	
	10 octobre.	25 octobre.	10 octobre.	25 octobre.	10 octobre.	25 octobre.	10 octobre.	25 octobre.	10 octobre.	25 octobre.	10 octobre.	25 octobre.
Sucre	gr. 54.1	gr. 101.0	gr. 155.6	gr. 28.4	gr. 48.2	gr. 78.0	gr. 126.9	gr. 113.3	gr. 59.6	gr. 80.1	gr. 68.1	gr. 72.5
Glycose	22.1	32.7	48.7	36.7	41.7	59.0	57.5	40.3	51.6	66.3	76.4	65.5
Total	76.2	133.7	204.3	320.7	89.9	137.0	184.2	153.6	111.2	146.4	144.5	138.0
Cendres	65.4	»	170.6	»	55.6	»	88.4	»	45.8	»	55.6	»
Acide phosphorique	6.01	»	9.01	»	6.03	»	6.01	»	6.20	»	6.01	»
Azote organique	8.02	»	21.20	»	7.82	»	8.62	»	9.35	»	6.68	»
— nitrique	0.69	»	17.7	»	0.31	»	7.38	»	0.25	»	3.57	»
Matière sèche	344.0	360.1	115.0	152.5	348.0	375.7	210.2	374.4	351.6	383.0	265.5	389.0

	Nitrate de potasse pour 1000 de matières sèches.	
	Parenchyme.	Moelle.
Bas de la tige	4.96	127.4
Centre —	2.23	53.1
Haut —	1.30	25.7

Cette grande différence en nitrate entre le parenchyme et la moelle ne saurait être le résultat de l'inégale répartition de l'humidité, car en rapportant les chiffres précédents à même quantité d'eau, on voit que la moelle est de beaucoup supérieure au parenchyme.

	Azotate de potasse rapporté à 1000 d'eau.	
	Parenchyme.	Moelle.
Bas de la tige	2.59	12.81
Centre —	1.94	13.11
Haut —	1.45	9.14

La pauvreté relative du parenchyme, en nitrate de potasse, s'explique facilement si l'on admet que l'eau contenue dans le parenchyme soit en grande partie de l'eau de combinaison. Cette hypothèse n'est pas inadmissible, car elle m'a été suggérée par la grande difficulté que l'on éprouvait à extraire le jus du parenchyme, tandis qu'avec la moelle l'opération se faisait très facilement.

Enfin, je terminerai ce mémoire en signalant ici la grande richesse de la moelle du bas de la tige en cendres. L'analyse du 17 octobre indique 17 p. 100 de cendres, constituées en grande partie par du carbonate de potasse, résultant de la décomposition du nitrate par l'incinération. Cette accumulation des sels dans la partie inférieure mérite de fixer l'attention, car elle correspond à la partie de la tige pouvant donner le plus de jus. Sans importance pour la fabrication de l'alcool, ce fait en a, au contraire, beaucoup pour l'extraction du sucre; en effet, personne n'ignore aujourd'hui que cette extraction est impossible, ou sinon fort difficile, en présence d'une forte quantité de sels solubles, et si jusqu'ici on a rencontré de grandes difficultés dans la fabrication et la purification du sucre de sorgho, l'insuccès provient sans doute de cette richesse excessive en sels solubles.

Conclusions. — Des analyses précédentes on peut tirer les conclusions suivantes :

1° En 1880, sous l'influence d'une température plus élevée, la

plante a poussé plus vigoureusement, les inflorescences se sont complètement développées, et on y a constaté la présence de l'amidon.

2° En 1880, les feuilles et les panicules contenaient moins de sucre et de glycose qu'en 1879.

3° La moelle, le parenchyme et la tige effeuillée entière s'enrichissent en sucre à l'approche de la maturité. La glycose, au contraire, diminue dans la moelle et la tige entière, mais par contre augmente un peu dans le parenchyme.

4° A une année chaude correspond une augmentation de sucre formé aux dépens de la glycose. La matière sucrée totale ne semble pas varier sensiblement.

5° Pour le même poids de matière sèche formée, à une année chaude correspond le minimum de sucre.

6° Le sorgho est une plante épuisante, et sa moelle peut renfermer quelquefois une proportion telle de nitrate de potasse, qu'on ne doit le faire consommer par les animaux qu'avec précaution.

7° Les entre-nœuds ou mérithalles sont plus riches en sucre que les nœuds.

8° La distribution du sucre varie avec l'époque à laquelle on considère la plante, mais le milieu de la tige est généralement la partie la plus riche.

9° La moelle est, quant à la teneur en sucre, supérieure au parenchyme, qui lui-même est plus riche en glycose.

10° Dans la moelle et le parenchyme, la glycose augmente de bas en haut.

11° La migration des principes immédiats semble se faire principalement par le parenchyme.

12° Le sorgho renferme quelquefois une grande proportion de cendres, pouvant nuire à l'extraction du sucre.

RECHERCHES SUR LA FORMATION DU SUCRE RÉDUCTEUR

DANS LES SUCRES BRUTS DE CANNE

PAR

M. U. GAYON

Professeur à la Faculté des sciences, Directeur de la Station agronomique de Bordeaux.

La valeur commerciale des sucres bruts de canne et les droits perçus par le Trésor sur ces produits coloniaux dépendent de leur rendement présumé au raffinage. Or, le rendement se calcule lui-même en retranchant de la proportion de sucre cristallisable deux fois le poids du sucre incristallisable et quatre fois le poids des matières minérales. Donc, toute circonstance capable de diminuer la richesse en sucre cristallisable ou d'augmenter la proportion d'incristallisable, ou celle des cendres, aura pour effet d'abaisser la valeur primitive du brut et de diminuer l'impôt qui eut été prélevé par le fisc.

La quantité de matières minérales varie peu, mais il en est autrement du glucose, sucre réducteur ou incristallisable, qui se forme d'une manière pour ainsi dire spontanée dans les sucres bruts abandonnés à eux-mêmes.

Il est donc intéressant et utile de rechercher :

1° Les conditions qui favorisent la production du sucre réducteur dont il s'agit;

2° La constitution de ce sucre réducteur;

3° Les causes de sa formation et les moyens de la prévenir.

Tels sont les problèmes dont nous allons essayer de donner successivement les solutions.

PREMIÈRE PARTIE

Conditions qui favorisent la production du glucose dans les sucres bruts de canne.

I. *Action du temps.* — Les négociants et les raffineurs savent que, généralement, les sucres bruts de canne, entassés dans un lieu humide et chaud, perdent de leur richesse au bout de quelques semaines, et que la perte augmente avec le temps. Il n'est pas

nécessaire qu'ils soient en tas volumineux ; M. Dubrunfaut a prévu depuis longtemps que « tous s'altèrent sous l'influence du temps, même étant conservés sous le petit volume qu'ils offrent dans les échantillons types des boîtes administratives. »

M. Müntz a donné les analyses de sirops obtenus avec des sucres de canne conservés depuis plusieurs années ; le glucose était abondant, mais comme la proportion initiale était inconnue, l'influence du temps n'a pas pu être mesurée.

Voici quelques-unes des expériences que j'ai disposées pour déterminer cette influence.

Exp. I. — Le 3 octobre 1875, j'analyse un sucre brut de canne, venant de Mayotte, et je l'abandonne dans un flacon bouché et scellé, jusqu'au 14 juillet 1876, époque à laquelle j'en fais de nouveau l'analyse. L'expérience, qui a duré 286 jours, a été faite à la température ordinaire du laboratoire.

Les résultats comparatifs sont :

	Octobre 1875.	Juillet 1876.
Sucre cristallisable	83.65	82.10
Sucre réducteur	6.45	8.35
Eau	6.12	5.78
Matières minérales et autres	3.78	3.77
	100.00	100.00

Perte en sucre cristallisable	1.55 %
Gain en sucre réducteur	1.90

La méthode employée dans ces analyses et dans toutes celles qui suivront est la suivante :

Le sucre cristallisable est déterminé directement par le saccharimètre Laurent, sur des prises de 16gr,19 de sucre brut. La solution, additionnée d'une quantité suffisante de sous-acétate de plomb, est portée au volume de 100 centimètres cubes, filtrée, et observée dans des tubes de 20 centimètres de longueur. La rotation mesure la proportion de sucre cristallisable en centièmes, en admettant, avec MM. Müntz, Girard et Laborde, Morin, que le sucre réducteur est inactif sur la lumière polarisée.

Le sucre réducteur est obtenu par la décoloration de la liqueur de Fehling, et l'eau par évaporation à 105 degrés. Si le sucre contient beaucoup d'eau, par exemple plus de 8 à 10 p. 100, il est commode de le mélanger avec un poids connu de sable calciné, qui, en augmentant les surfaces, active l'évaporation.

Si l'on calcule le rendement au raffinage, abstraction faite des cendres, en retranchant du sucre cristallisable deux fois le poids du sucre réducteur, on trouve :

Rendement en octobre 1875	70.75 %
» en juillet 1876	65.40
Perte en rendement	5.35

Exp. II. — Sucre de la Guadeloupe, analysé le 13 mars 1876 et laissé en flacons bouchés jusqu'au 21 août suivant, à la température ordinaire. Durée de l'expérience : 161 jours. Résultat :

	13 mars.	21 août.
Sucre cristallisable	83.50 %	80.00 %
Sucre réducteur	5.44	11.26
Eau	8.38	»

Perte en sucre cristallisable	3.50 %
Gain en sucre réducteur	5.82

On déduit de là :

Rendement au 13 mars	72.62 %
» au 21 août	57.48
Perte en rendement	15.14

Exp. III. — Le 17 mars 1875, je mets du sucre de la Guadeloupe dans des tubes fermés à la lampe, que je laisse à la température ordinaire. Un des tubes est ouvert le 23 juin et un autre le 21 août. Au moment où je brise la pointe, il se produit un sifflement qui indique un excès de pression intérieure.

Comparaison des résultats :

	17 mars.	23 juin.	21 août.
Sucre cristallisable	87.00 %	86.00 %	83.70 %
Sucre réducteur	5.76	7.18	9.50
Eau	3.62	»	»

On en déduit :

	Du 17 mars au 23 juin.	Du 23 juin au 21 août.
Durée de l'expérience	98 jours	59 jours.
Perte en sucre cristallisable	1.00 %	2.30 %
Gain en sucre réducteur	1.42	2.32

Le calcul des rendements donne :

Au 17 mars	75.48 %
23 juin	71.64
21 août	64.70

Les pertes en rendement sont donc :

Du 17 mars au 23 juin.............	3.84 %
Du 23 juin au 21 août.............	6.94

La durée de la deuxième période est plus faible que celle de la première, et cependant la formation du sucre réducteur a été plus abondante. Cette différence est liée à la température, car l'expérience, commencée au printemps, n'a été achevée que pendant les chaleurs de l'été.

On remarquera qu'il n'y a pas de relation rigoureuse entre les pertes en sucre cristallisable et les gains en sucre réducteur ; cela résulte aussi d'une ancienne observation de M. Dubrunfaut : une mélasse, abandonnée dans son laboratoire dans un bocal bien clos, avait gagné au bout d'un an 2.85 p. 100 de sucre incristallisable et perdu 5.17 p. 100 de sucre cristallisable.

M. Aimé Girard a constaté des inégalités semblables dans la transformation du saccharose en sucre réducteur, pendant les opérations du raffinage. M. Maumené a fait la même remarque sur des sucres bruts avariés.

Quoi qu'il en soit, l'action du temps est manifeste : les sucres abandonnés à eux-mêmes perdent des quantités croissantes de sucre cristallisable, qui se transforme successivement en sucre réducteur incristallisable.

L'entassement en magasin active l'altération du sucre, comme le prouvent les essais suivants :

Exp. IV. — Sucre brut de canne laissé en magasin du 14 juin au 27 août :

	14 juin.	27 août.
Sucre cristallisable.............	94.10 %	.... 91.30 %
Sucre réducteur................	2.22	.... 4.10
Eau..........................	1.55	.... 2.80
Perte en sucre cristallisable............		2.80
Gain en sucre réducteur..............		1.88

D'où :

Rendement au 14 juin..............................	89.66 %
— au 27 août..............................	83.10
Perte..	6.56

Exp. V. — Sucre brut de canne en magasin du 14 juin au 27 août :

	14 juin.	27 août.
Sucre cristallisable	92.00 %	85.20 %
Sucre réducteur	3.68	7.38
Eau	1.55	3.87
Perte en sucre cristallisable		6.80
Gain en sucre réducteur		3.70

D'où :

Rendement au 14 juin	84.64 %
— au 27 août	70.44
Perte	14.20

Exp. VI. — Sucre brut de canne conservé en magasin du 7 juillet au 27 août :

	7 juillet.	27 août.
Sucre cristallisable	92.50 %	89.30 %
Sucre réducteur	2.70	4.91
Eau	1.50	2.75
Perte en sucre cristallisable		3.20
Gain en sucre réducteur		2.21

D'où :

Rendement au 7 juillet	87.10 %
— au 27 août	79.48
Perte	7.62

Ces trois lots de sucre avaient pris un peu d'eau en magasin, mais cet accident, qui aurait dû abaisser la proportion de tous les éléments autres que l'eau, rend d'autant plus significative l'augmentation de la richesse en glucose et la perte correspondante de sucre cristallisable.

Si maintenant on rapproche ces trois expériences de la deuxième période de l'expérience III, on voit que, pour des quantités d'eau et des durées comparables, toutes choses égales d'ailleurs, les sucres en magasin, c'est-à-dire en grande masse, ont été plus altérés que les sucres en tubes, sous un petit volume. Il est probable que le phénomène s'est compliqué d'un dégagement de chaleur dont l'action est énergique, comme nous allons le démontrer.

Une altération semblable à celle des sucres bruts se produit avec des sirops provenant du lavage de ces sucres et abandonnés à eux-mêmes. En voici un exemple :

Exp. VII. — Le 13 février 1880, je soumets à l'action d'une turbine[1] un sucre brut de canne, légèrement coloré, et mouillé avec de

1. Le turbinage d'une petite quantité de sucre mouillé se fait aisément dans une poche de flanelle.

l'eau ordinaire. J'en extrais un sirop contenant 11.10 p. 100 de glucose et 38.13 p. 100 de sucre cristallisable.

Le 25 décembre 1880, le sirop renferme 43.80 p. 100 de sucre réducteur. L'examen microscopique y fait voir une grande quantité d'organismes de la nature des levûres alcooliques, des torulas et des vibrioniens. Dans la troisième partie, nous indiquerons le rôle de ces infiniment petits.

Si au lieu d'eau, on emploie de l'alcool pour turbiner un sucre brut, le sirop recueilli se conserve sans modification sensible.

Exp. VIII. — Le 9 février 1880, j'obtiens ainsi un sirop que j'abandonne après analyse, dans une bouteille fermée, jusqu'au 25 décembre suivant. Résultat comparatif des analyses :

	9 février.	25 décembre.
Sucre cristallisable	10.96 °/₀	9.83 °/₀
Sucre réducteur	16.14	17.10

On ne voit au microscope aucun organisme vivant.

La différence entre ce cas et le précédent trouvera son explication quand nous parlerons de la cause de la transformation du sucre cristallisable en sucre réducteur.

II. *Action de la chaleur.* — Elle s'est déjà manifestée dans l'expérience III, et nul doute qu'elle n'ait favorisé les altérations des sucres laissés en magasin (Exp. IV, V et VI).

Voici maintenant des expériences destinées à l'établir directement.

Exp. IX. — Le 4 avril 1879, je choisis trois sucres, A. B. C. ainsi composés :

	A.	B.	C.
Sucre cristallisable	79.20	88.10	85.60
Sucre réducteur	9.57	4.40	3.25
Eau	5.30	3.50	6.15
Matières minérales et autres	5.93	4.00	5.00
	100.00	100.00	100.00

Ces sucres sont distribués dans trois séries de flacons bouchés et cachetés, que je place, les uns dans une glacière, à une température voisine de 0 degré, les autres sur une table du laboratoire à la température moyenne de 15 degrés, et les derniers dans une étuve maintenue à 40 degrés à l'aide d'un régulateur d'Arsonval.

Le 3 mai, c'est-à-dire après un mois, les flacons sont réunis et le

sucre analysé. Voici le tableau comparatif des résultats obtenus et des analyses primitives :

	Sucre primitif.		Sucre à 0°.		Sucre à 15°.		Sucre à 40°.
A.							
Sucre cristallisable	79.20	...	78.00	...	77.70	...	70.30
Sucre réducteur	9.57	...	10.16	...	10.84	...	15.13
Eau, cendres, etc	11.23	...	11.84	...	11.46	...	14.57 [1]
	100.00		100.00		100.00		100.00
B.							
Sucre cristallisable	88.10	...	87.80	...	87.90	..	85.50
Sucre réducteur	4.40	...	4.52	...	4.71	...	6.50
Eau, cendres, etc	7.50	...	7.68	...	7.39	...	8.00
	100.00		100.00		100.00		100.00
C.							
Sucre cristallisable	85.60	...	85.00	...	85.80	...	80.70
Sucre réducteur	3.25	...	3.54	...	3.39	...	7.56
Eau, cendres, etc.	11.15	...	11.46	...	10.81	...	11.74
	100.00		100.00		100.00		100.00

L'examen de ce tableau prouve que la transformation du sucre cristallisable en glucose est déjà sensible dans le voisinage de 0 degré, qu'elle augmente peu vers 15 degrés, mais qu'elle devient abondante à 40 degrés. La chaleur favorise donc d'une manière certaine la production du sucre incristallisable dans les sucres bruts de canne. Ces résultats sont d'accord avec les faits signalés par M. Maumené, dans son Traité de la fabrication du sucre, et par M. Durin dans un mémoire inséré dans ces (*Annales* tome IV, page 570).

III. *Action de l'humidité.* — L'influence de l'humidité résulte de presque toutes les expériences citées dans ce mémoire. Il suffira, pour la faire ressortir, de rapprocher les quantités de glucose formé pendant un mois à 40 degrés, dans l'expérience précédente, des proportions d'eau contenue dans les sucres A. B. C; on a en effet :

	A.		B.		C.
Eau	5.30 %	.....	3.50 %	.....	6.15 %
Glucose formé	5.56	.....	2.10	.....	4.31

Ces nombres ne sont pas tout à fait proportionnels, mais cela ne

1. La différence entre ce chiffre et les précédents s'explique par la formation de sucre interverti, qui suit celle du sucre inactif, à partir d'une proportion de 12 à 15 % de sucre réducteur. (*Bulletin de la Société chimique*, t. XXXII, p. 253, 1880.)

doit point étonner, si l'on remarque que la présence de l'eau n'est pas le seul agent de la transformation du sucre.

L'eau n'agit pas en effet seulement pour permettre l'hydratation du sucre; mais elle sert aussi de dissolvant au ferment inversif qui détermine, selon nous, comme nous le verrons plus loin, le phénomène dont il s'agit.

IV. *Influence des avaries.* — Nous venons de voir que l'humidité ou la chaleur favorisent la transformation du sucre cristallisable en sucre réducteur; réunies, ces deux influences devront agir avec une grande puissance. C'est ce qui arrive, par exemple, dans les navires chargés de sucre de canne, lorsqu'ils reçoivent des coups de mer. Alors, la température de la cale s'élève, l'humidité ruisselle sur les parois de la coque; une véritable fermentation s'établit avec dégagement d'acide carbonique [1].

Les sucres ainsi avariés perdent de leur richesse, 1° parce qu'ils sont plus humides qu'au départ; 2° parce qu'une partie du sucre cristallisable a formé du glucose. Ces faits, signalés depuis longtemps par Payen, sans preuve à l'appui, sont établis rigoureusement par les expériences suivantes faites avec des échantillons que j'ai prélevés moi-même sur des sucres débarqués dans le port de Bordeaux.

Exp. X. — Le 19 septembre 1876, j'analyse des échantillons pris dans des sacs de sucre venant de la Réunion, et qui avaient peu souffert pendant la traversée. L'une des prises a été faite dans un sac paraissant sain, et l'autre dans un sac visiblement avarié :

	Sac non avarié.	Sac avarié.
Sucre cristallisable	95.00	93.00
Sucre réducteur	1.32	1.59
Eau	1.58	2.07
Matières minérales et autres	2.10	3.34
	100.00	100.00

Rendement du sac non avarié	92.36 %
— du sac avarié	89.82

D'où :

Gain en glucose	0.27 %
Perte en rendement	2.54

Exp. XI. — Analyses faites le 4 septembre 1876 sur des sacs de

1. La production d'acide carbonique est prouvée par ce fait bien connu des marins : si l'on introduit une bougie allumée dans les compartiments occupés par le sucre, elle s'éteint.

sucre venant de la Guadeloupe, qui avaient plus souffert que les précédents pendant la traversée :

	Sac peu avarié.	Sac très avarié.
Sucre cristallisable	97.50	90.50
Glucose	0.62	4.79
Eau	0.63	2.58
Matières minérales et autres	1.25	2.13
	100.00	100.00

Rendement du sac peu avarié .... 96.26 %
— du sac très avarié 80.92

D'où :

Gain en glucose .... 4.17 %
Perte en rendement 15.34

L'altération du sucre, étant favorisée par des causes extérieures, doit être plus grande à la surface des sacs qu'au centre. En voici la preuve :

Exp. XII. — Sucre de la Guadeloupe, contenu dans des sacs doublés de carton, analysé le 6 septembre 1876 :

	Sac peu avarié.	Sac très avarié.	
		Centre.	Surface.
Sucre cristallisable	92.60	89.60	85.10
Glucose	3.09	5.55	8.41
Eau	0.81	0.63	0.56
Matières minérales et autres	3.50	4.22	5.93
	100.00	100.00	100.00

Rendement du sac peu avarié		86.42 %
— du sac très avarié	Centre	78.50
	Surface	68.28

D'où :

Gain en glucose du sac très avarié	Centre	2.46 %
	Surface	5.32
Perte en rendement —	Centre	7.92
	Surface	18.14

Exp. XIII. — Sucre de Maurice, contenu dans de doubles nattes, analysé le 15 juin 1876 :

	Sac peu avarié.	Sac avarié.	
		Centre.	Surface.
Sucre cristallisable	93.50	87.00	83.00
Glucose	1.31	4.75	6.18
Eau	2.40	3.12	5.95
Matières minérales et autres	2.79	5.13	4.87
	100.00	100.00	100.00

Rendement du sac peu avarié			90.88 %
— du sac avarié		Centre	77.50
		Surface	70.64

D'où

Gain en glucose dans le sac avarié		Centre	3.44 %
		Surface	4.87
Perte en rendement —		Centre	13.38
		Surface	20.24

On voit que le gain en glucose augmente beaucoup, et que le rendement varie dans de fortes proportions ; pour le même sucre, celui-ci a diminué de 20 p. 100.

La perte en rendement n'est pas due seulement à la transformation du sucre cristallisable ; elle tient aussi à l'addition de l'eau, qui a pour effet de diminuer la quantité totale des matières sucrées. Mais comme la présence de l'eau devrait diminuer aussi la richesse en glucose, il en résulte que l'influence des avaries est d'autant mieux établie.

Dans les exemples précédents, j'ai pris pour termes de comparaison des sucres aussi peu avariés que possible; cependant ils l'étaient assez pour que leur composition fût différente de celle qu'ils avaient au départ des colonies. Ils ne peuvent donc pas servir à déterminer l'influence totale du voyage et des avaries. Pour connaître complètement cette influence, il convient de choisir certains sacs dans lesquels on trouve du sucre en mottes de grosseurs variables. Ces mottes, qui n'ont pas été atteintes par l'humidité, n'ont éprouvé aucune modification apparente, et peuvent être considérées comme représentant très sensiblement l'état initial du sucre; c'est à elles qu'il faut comparer les autres parties du chargement.

Voici des exemples :

Exp. XIV. — Sucre de la Guadeloupe, analysé le 6 septembre 1876 :

	Mottes centrales.	Sac très avarié.
Sucre cristallisable	96.20	87.20
Glucose	1.25	6.44
Eau	0.60	2.75
Matières minérales et autres	1.95	3.61
	100.00	100.00

Rendement des mottes centrales	93.70 %
— du sac très avarié	74.32
Gain en glucose	5.19
Perte en rendement	19.38

Exp. XV. — Sucre de Maurice, analysé le 15 juin 1876. Dans cet essai, on a analysé les mottes centrales et le sucre qui les entoure immédiatement, par comparaison avec un échantillon pris dans un sac très avarié :

	Mottes centrales.	Autour des mottes.	Sac très avarié.
Sucre cristallisable	97.50	90.80	80.50
Glucose	1.04	4.38	9.36
Eau	0.75	2.22	6.45
Matières minérales et autres	0.71	2.60	3.69
	100.00	100.00	100.00

Rendement des mottes centrales		95.42 %
— autour des mottes		82.04
— du sac avarié		61.78
Gain en glucose	Autour des mottes	3.34
	Dans le sac avarié	8.32
Perte en rendement	Autour des mottes	13.38
	Dans le sac avarié	33.64

Il résulte de toutes ces analyses que l'eau de mer, en pénétrant dans la cale des navires chargés de sucre brut de canne, détermine, avec l'aide de la chaleur, la transformation d'une quantité très importante de sucre cristallisable en glucose, et l'abaissement notable de la valeur commerciale du sucre.

V. *Influence de la pureté du sucre.* — Les sucres purs sont en général blancs et secs, et, à moins de circonstances particulières, ils ne s'altèrent pas sensiblement. Ils ne remplissent pas en effet les conditions nécessaires à la formation du glucose, puisqu'ils n'ont pas d'eau; de plus, peu riches en matières minérales et organiques, ils ne permettent pas la vie des êtres microscopiques qui sont, comme nous le verrons, la véritable cause de la modification du sucre cristallisable, dans les sucres bruts humides et colorés.

SECONDE PARTIE

Constitution du sucre réducteur des sucres bruts de canne.

Nous avons admis dans les analyses précédentes que le sucre réducteur est inactif sur la lumière polarisée, sans rien préjuger sur sa constitution intime. Nous allons maintenant démontrer qu'il ne forme pas une espèce chimique, mais qu'il est composé de deux sucres réducteurs, l'un dextrogyre et l'autre lévogyre.

La méthode repose sur la propriété dont jouit le *Mucor circinelloides*[1], de transformer le glucose et les produits analogues en alcool et acide carbonique et de laisser intact le sucre cristallisable. Dans un mélange de sucre et de glucose, cette moisissure agit donc comme si le sucre n'existait pas; en d'autres termes, elle se comporte comme de la levûre de bière dans une dissolution de glucose sans sucre.

Or, on sait que la fermentation alcoolique du sucre interverti détruit d'abord le glucose, puis la lévulose, et que, si l'on suit toutes les phases du phénomène à l'aide du polarimètre, la rotation augmente à gauche jusqu'à une certaine valeur et diminue ensuite en se rapprochant de zéro. La levûre de bière et le *Mucor circinelloides* produisent exactement le même résultat avec du sucre interverti seul, mais agissent différemment si le sucre interverti est mélangé avec du sucre cristallisable. Avec la levûre de bière, la réaction se complique de l'inversion du saccharose; avec le mucor au contraire, tout se passe simplement comme si le zéro du polarimètre était déplacé vers la droite d'une quantité égale au pouvoir rotatoire droit du sucre ajouté.

Il résulte de là que, si l'on soumet à l'action du *Mucor* un mélange de saccharose et de sucre interverti rendu optiquement neutre par l'addition de glucose, le pouvoir rotatoire initial, dû au sucre cristallisable seul, diminuera d'abord, et puis reprendra peu à peu sa valeur primitive.

Si donc le sucre réducteur des sucres exotiques, qui est inactif sur la lumière polarisée, est un mélange de glucose et de lévulose, on aura le même phénomène que plus haut, sous l'action du *Mucor;* si au contraire, il est constitué par une espèce unique, autonome, il disparaîtra tout entier par la fermentation, sans que le pouvoir rotatoire droit du sucre cristallisable soit modifié un seul instant pendant toute la durée de la réaction.

Le *Mucor circinelloides* offre ainsi un précieux moyen de rechercher quelle est la véritable constitution du glucose inactif.

Voici maintenant les expériences que j'ai faites avec ce réactif organisé. J'ai commencé par les mélasses dont le sucre réducteur, inactif aussi sur la lumière polarisée, est plus abondant que celui des sucres bruts de canne.

1. Voy. *Annales de chimie et de physique*, 5e série, t. XIV, p. 258.

Montrons d'abord la nécessité d'ajouter des éléments nutritifs aux dissolutions de mélasses.

Exp. XVI. — Le 20 mars 1878, je prépare des ballons Pasteur à deux cols, contenant chacun 100 centimètres cubes d'une dissolution de mélasse de canne dans l'eau ordinaire; j'en ensemence quatre avec de la levûre de bière pure, et quatre avec de la levûre pure de mucor.

Le 30 mars, ni la levûre de bière, ni la moisissure n'ont poussé d'une façon sensible; je recommence l'expérience, mais en substituant à l'eau ordinaire de l'eau de levûre, c'est-à-dire un bouillon fait avec de la levûre de bière. Ce liquide constitue, en effet, un milieu très nutritif pour la plupart des organismes microscopiques.

Exp. XVII. — Le 15 avril, neuf ballons sont préparés avec de l'eau de levûre et de la mélasse de canne provenant de la raffinerie Cossé-Duval, à Nantes; quatre sont ensemencés avec de la levûre de bière pure, quatre avec du mucor pur; le dernier, analysé, donne pour la dissolution elle-même :

Rotation au saccharimètre Laurent................	34.00 droite.
Sucre cristallisable..............................	5.66 %
Sucre réducteur..................................	8.04

Pour faire l'analyse, on ajoute du sous-acétate de plomb, et l'on double le volume du liquide avec de l'eau distillée. Le liquide filtré est ensuite soumis à l'observation saccharimétrique et à la liqueur de Fehling. Les nombres obtenus sont doublés, pour être ramenés au volume initial de la liqueur. Le même procédé a été appliqué dans toutes les analyses suivantes.

Le 17, la fermentation est établie dans tous les ballons. Le mucor présente une particularité : au lieu de se développer d'abord en tubes mycéliens, ce qui arrive avec le moût de bière, il donne immédiatement des cellules sphériques qui se tassent au fond des ballons, comme si, la dissolution de mélasse n'ayant pas absorbé d'oxygène, la moisissure avait été forcée de prendre tout de suite le caractère ferment.

Des analyses ont été faites à différentes époques de la fermentation; elles sont réunies ci-dessous, comparativement à l'analyse primitive.

Avec le mucor :

	15 avril.	17 avril.	19 avril.	24 avril.	27 avril.	30 avril.
Rotation droite........	34.0	30.0	24.0	24.0	30.0	35.0
Sucre réducteur °/₀....	8.0	7.1	5.6	2.3	1.9	1.1

Avec la levûre de bière :

Rotation.............	34.0 droite	8.0 droite	16.0 gauche	2.4 droite	5.0 droite
Sucre réducteur °/₀...	8.0	9.9	8.0	1.3	1.1

Les dernières portions des liquides fermentés réduisent encore la liqueur de Fehling, mais faiblement.

Cette expérience prouve que l'eau de levûre est un excellent aliment pour le *Mucor circinelloides* et pour la levûre de bière; elle explique l'insuccès de l'expérience précédente. Aussi, dans tous les essais de ce genre, ai-je constamment utilisé l'eau de levûre pour dissoudre les sucres bruts, les sirops de sucre ou les mélasses.

Les résultats relatifs à la levûre de bière montrent que le sucre cristallisable s'intervertit d'abord, puis que le glucose fermente le premier et la lévulose ensuite; mais ils n'apprennent rien sur la constitution du sucre réducteur de la mélasse.

Les résultats relatifs au mucor font au contraire ressortir plusieurs conséquences importantes :

1° Au commencement et à la fin de l'expérience, la rotation est sensiblement la même; par conséquent le sucre cristallisable n'a pas été altéré, ce que nous savions déjà, puisque le mucor ne sécrète pas de ferment inversif.

2° Le sucre réducteur de la mélasse est bien inactif sur la lumière polarisée, puisque sa présence n'a pas modifié d'une façon appréciable la rotation due au sucre cristallisable seul.

3° Le sucre réducteur inactif n'est pas une espèce chimique, puisque la rotation n'est pas constante.

4° Il est résoluble en deux éléments de rotations inverses, l'élément à rotation droite disparaissant le premier et l'élément à rotation gauche fermentant le dernier.

Le glucose inactif des mélasses est donc composé comme du sucre interverti dans lequel le pouvoir dextrogyre du glucose serait exalté par une circonstance inconnue, de manière à équilibrer exactement le pouvoir rotatoire gauche de la lévulose.

Cette conclusion ressort avec une complète évidence de l'expérience suivante, où la mélasse est directement comparée à un mé-

lange à peu près inactif sur la lumière polarisée, de glucose ordinaire et de sucre interverti.

Exp. XVIII. — Le 27 avril, je fais les dissolutions suivantes :

A. 500cc eau de levûre.
100gr mélasse de raffinerie.
B. 500cc eau de levûre.
50cc solution de sucre interverti.
10gr.75 glucose ordinaire.
50gr sucre cristallisable.

Un essai préliminaire a montré que 10gr.75 de glucose annulent sensiblement le pouvoir rotatoire gauche de 50 centimètres cubes de la solution du sucre interverti.

Chacune des dissolutions est distribuée également dans des ballons Pasteur à deux cols, qu'on ensemence avec de la levûre pure de mucor.

Le 30 avril, la fermentation est établie dans tous les ballons.

Divers essais ont été faits jusqu'au 13 juin. Voici les nombres obtenus :

Avec la liqueur A :

	27 avril.	30 avril.	2 mai.	4 mai.	6 mai.	14 mai.	14 juin.
Rotation droite.........	37.0	32.0	28.0	24.0	32.0	33.0	36.8
Sucre réducteur %.....	8.7	7.8	6.1	4.0	2.4	2.0	1.1

Avec la liqueur B :

Rotation droite.........	67.0	57.0	52.0	51.2	60	»	»
Sucre réducteur %.....	7.8	5.9	4.5	2.9	1.1	»	»

Il reste encore du sucre réduisant la liqueur de Fehling.

L'analogie est remarquable. Dans les deux cas, le glucose a diminué progressivement; mais la rotation, devenue d'abord plus faible, s'est peu à peu relevée en se rapprochant de sa valeur initiale.

Pour contrôler la méthode, je l'applique à la fermentation d'un mélange de sucre cristallisable et de sucre interverti. Le pouvoir rotatoire du sucre cristallisable étant affaibli par l'action lévogyre du sucre interverti, la rotation du mélange devra être naturellement plus élevée à la fin de l'expérience qu'avant la fermentation.

Exp. XIX. — Le 14 octobre, je chauffe à 100°, pendant dix-sept heures, un mélange de :

300 gr. sucre pulvérisé.
150 gr. eau distillée.

Le sirop refroidi donne :

Sucre réducteur	27.63 °/₀
Sucre cristallisable calculé	37.42
Rotation observée	30.50
Différence	6.92

Cette différence prouve que le sucre réducteur est interverti, en grande partie, sinon tout entier.

Je dissous une partie du sirop dans de l'eau de levûre et j'ensemence avec du mucor pur ; j'obtiens par des observations successives les chiffres suivants :

	14 oct.	18 oct.	20 oct.	22 oct.	31 oct.	6 nov.	10 nov.	11 nov.	13 nov.	15 nov.	17 nov.
Rotation droite.	91.0	81.8	77.0	73.4	71.6	69.6	76.0	87.6	95.2	104.0	106.0
Sucre réducteur °/₀	13.1	11.7	10.3	8.5	7.9	6.2	4.2	2.7	1.6	0.9	0.2

Ainsi la rotation reprend sa valeur initiale, lorsqu'il reste encore environ 2 1/2 p. 100 de sucre réducteur dans la dissolution ; elle dépasse notablement cette valeur à la fin de la fermentation. C'est l'effet que devait produire le sucre interverti.

Nous allons voir, au contraire, que la rotation ne dépasse pas sensiblement sa valeur initiale, toutes les fois que le sucre réducteur est bien inactif sur la lumière polarisée.

Exp. XX. — Du 30 mai au 19 juin, fermentation d'une mélasse de canne, de la raffinerie Boutin, à Bordeaux :

	30 mai.	3 juin.	5 juin.	7 juin.	19 juin.
Rotation droite	42.4	34.0	40.0	42.8	44.0
Sucre réducteur °/₀	5.7	3.1	1.4	1.1	0.9

Exp. XXI. — Du 9 juin au 1er juillet, fermentation d'une mélasse de betterave, de la raffinerie Clerc, au Havre.

	9 juin.	13 juin.	16 juin.	20 juin.	27 juin.	1er juillet.
Rotation droite	80.0	74.0	70.0	68.8	76.0	78.0
Sucre réducteur °/₀	6.2	4.9	3.3	2.3	2.1	1.7

La fin de cette expérience a été marquée par un accident qu'il est utile de signaler, parce qu'il sert en quelque sorte de contre-épreuve à ce qui précède, et qu'il montre en même temps la nécessité d'opérer toujours avec des ferments purs.

Le dernier ballon étant resté plusieurs jours sans fermentation

apparente, je l'agite fortement pour soulever le dépôt et aérer le liquide; mais, pendant cette opération, je néglige de chauffer le tube effilé par où est établie la communication avec l'air extérieur. Dès le lendemain, la surface se couvre de petits îlots de mousse; les jours suivants, la fermentation augmente et le liquide reste trouble, ce qui n'arrive jamais avec le mucor. Un examen microscopique, fait le 20 juillet, montre en effet, dans le dépôt, au milieu des grosses cellules de mucor, de nombreuses petites cellules de levûre de bière, jeunes et bourgeonnées. En même temps, la rotation a diminué, comme l'indiquent les analyses faites le 20 et le 23 juillet :

	20 juillet.		23 juillet.
Rotation...........	11.2 gauche	....	20 gauche
Sucre réducteur %.	9.8	....	7.2

Ainsi, en négligeant de chauffer le tube effilé pendant que j'aérais le liquide, j'ai permis l'accès de quelques globules de levûre de bière en suspension dans l'atmosphère du laboratoire, et aussitôt le sucre cristallisable, interverti, a éprouvé à son tour la fermentation alcoolique.

Les expériences précédentes ont été faites avec des mélasses de raffinerie; en voici deux qui ont porté sur des mélasses de fabrique.

Exp. XXII. — Mélasse de canne, fabriquée à la Martinique :

	11 mai.		14 mai.		16 mai.		21 mai.
Rotation droite........	108.0	.....	98.0	.....	95.0	.....	118.0
Sucre réducteur %....	4.6	.....	3.4	.....	1.2	.....	0.98

La rotation finale est plus grande que la rotation initiale, ce qui indique que le sucre réducteur était un peu lévogyre et diminuait l'action dextrogyre du sucre cristallisable. Ce fait s'explique par un commencement de fermentation de la mélasse qui, à son arrivée à Bordeaux, dégageait quelques bulles de gaz et présentait des cellules de levûre alcoolique.

Même observation pour l'expérience suivante.

Exp. XXIII. — Du 20 juillet au 14 octobre, avec une autre mélasse de canne fabriquée à la Martinique :

	20 juillet.		24 juillet.		2 août.		29 août.		14 oct.
Rotation droite.....	38.0	...	29.6	...	26.0	...	46.0	...	65.4
Sucre réducteur %.	9.1	...	7.7	...	1.4	...	1.3	...	0.3

Ces deux résultats, loin d'infirmer les premiers, sont au contraire

une nouvelle preuve que le sucre réducteur des mélasses, malgré son inactivité optique, n'est pas un composé spécial, mais bien le mélange de deux sucres de rotations inverses.

Soumettons maintenant le sucre réducteur du sucre brut de canne à la même épreuve.

Exp. XXIV. — Le 25 mai, je dissous dans de l'eau de levûre du sucre brut de canne contenant environ 9 p. 100 de sucre réducteur, et je prépare des ballons Pasteur à deux cols.

Le 28 mai, le mucor s'est développé et la fermentation a commencé. L'expérience, poursuivie jusqu'au 3 juin, a donné :

	25 mai.		28 mai.		31 mai.		3 juin.
Rotation droite........	202.0	...	198.4	...	197.4	...	202.4
Sucre réducteur %....	3.11	...	2.35	...	1.10	...	0.35

Il en résulte que le sucre réducteur des sucres bruts de canne, bien qu'inactif sur la lumière polarisée, peut se dédoubler en deux éléments actifs, mais de rotations inverses, à la façon du sucre interverti.

La proportion de sucre cristallisable atteint dans la liqueur le chiffre élevé de 32 p. 100; malgré cela, l'action du mucor n'a pas été troublée, et la fermentation s'est achevée, comme en présence d'une substance inerte.

Voici un autre exemple de fermentation d'un sucre brut riche en glucose.

Exp. XXV. — J'ai obtenu successivement :

	2 oct.	13 oct.	15 oct.	16 oct.	18 oct.	22 oct.
Rotation droite..............	77.0	61.2	60.6	63.4	64.4	69.6
Sucre réducteur %..........	3.2	2.6	1.1	1.0	0.6	0.2

Afin d'opérer sur des solutions plus riches en sucre réducteur, je lave un sucre brut avec de l'eau alcoolisée, et j'obtiens, après évaporation de l'alcool, un sirop contenant environ 53 p. 100 de sucre cristallisable et 11 p. 100 de sucre réducteur.

Exp. XXVI. — Le 9 juillet, je dissous une partie de ce sirop dans de l'eau de levûre, et je l'ensemence dans des ballons à deux cols avec de la levûre pure de *Mucor circinelloides*.

Les essais faits à diverses époques ont donné :

	9 juillet	12 juil.	13 juil.	17 juil.	19 juil.	26 juil.	2 août	29 août
Rotation droite............	167.6	163.2	156.4	153.2	150.0	151.6	156.0	160.0
Sucre réducteur %........	6.4	5.8	4.8	3.4	2.6	1.3	0.8	0.6

Par lavage à l'alcool d'un autre sucre brut de canne, je sépare un sirop beaucoup moins chargé en sucre cristallisable que le précédent. Après évaporation de l'alcool à froid, sur de l'acide sulfurique concentré, je fais l'expérience suivante :

Exp. XXVII. — Du 6 novembre au 1er décembre :

	6 nov.	9 nov.	11 nov.	12 nov.	17 nov.	24 nov.	1er déc.
Rotation..........	12.4 dr.	4.8 dr.	2.0 g.	0.0	3.6 dr.	10.2 dr.	11.0 dr.
Sucre réducteur %	5.9	4.9	2.8	1.6	1.2	0.2	traces

La proportion de sucre cristallisable s'est trouvée assez faible pour que la rotation ait pu devenir gauche.

Citons encore quelques exemples de sirops extraits de sucres exotiques, mais par un turbinage énergique.

Exp. XXVIII. — Sirop résultant d'un turbinage à l'eau.

	21 nov.	24 nov.	26 nov.	3 déc.	11 déc.	27 déc.
Rotation...........	6.0 dr.	0.6 g.	6.6 g.	10.4 g.	10.8 g.	5.2 dr.
Sucre réducteur %	10.5	8.2	7.4	6.0	4.3	0.9

Comme plus haut, la richesse en sucre cristallisable est très faible, et la rotation se maintient longtemps gauche.

Avec une plus forte proportion de sucre, la rotation reste constamment droite comme ci-dessous.

Exp. XXIX. — Autre sucre turbiné à l'eau :

	19 fév.		23 fév.		25 fév.		2 mars.		8 avril.
Rotation droite......	121.0	...	114.0	...	113.2	...	114.2	...	126.0
Sucre réducteur %..	5.9	...	4.5	...	3.5	...	2.8	...	0.3

Les nombreuses expériences que nous venons de rapporter sont d'accord pour montrer que le sucre réducteur contenu dans es mélasses et dans les sucres bruts de canne n'est pas une espèce chimique, mais bien une combinaison, ou plutôt un mélange, de sucre réducteur droit et de sucre réducteur gauche, dont les pouvoirs rotatoires s'annulent.

La présence du sucre réducteur inactif dans les sucres de canne n'est pas un fait isolé. J'ai fait voir, en effet, dans le *Bulletin de la Société chimique* (tome XXXII, page 253, 1880) que sa production précède toujours celle du sucre interverti véritable, sous l'action, sur le sucre cristallisable, de la chaleur, des acides ou de la levûre de bière.

TROISIÈME PARTIE

Cause de la production du sucre réducteur dans les sucres bruts de canne.

On ne peut invoquer, pour expliquer la production du sucre réducteur dans les sucres bruts de canne, ni leur acidité, car ils sont souvent neutres ou légèrement alcalins, ni l'action seule de la chaleur, car ils s'altèrent à la température ordinaire, et même dans le voisinage de zéro degré. Il est donc probable que la cause de ce phénomène est purement physiologique. Dans cette hypothèse, que nous allons maintenant vérifier, il se forme du sucre inactif et non du sucre interverti, parce que la proportion de ce produit reste au-dessous de la limite à partir de laquelle l'inversion commence à manifester un pouvoir lévogyre, comme dans les expériences citées à la fin de la deuxième partie.

1° *Existence constante d'organismes dans les sucres bruts de canne.* — Si l'on dissout du sucre brut de canne dans une petite quantité d'eau, et qu'on examine au microscope une goutte de la dissolution, on y trouve toujours un nombre variable de petits êtres microscopiques, appartenant soit aux moisissures, soit aux torulacées, soit aux levûres proprement dites, et même des germes de bactéries ou de vibrions. C'est ainsi que j'ai extrait d'un sucre de canne deux petites plantes que des cultures dans des milieux appropriés ont séparées à l'état de pureté : 1° Le *Mucor circinelloides* qui nous a servi dans l'étude de la constitution du sucre inactif; 2° une torulacée douée d'un pouvoir inversif énergique et de la faculté de transformer l'alcool en acide acétique à la façon du *Mycoderma aceti.*

Voici, par exemple, les organismes observés dans du sucre de Maurice :

a. Cellules rondes à bords jaunes, légèrement granuleuses, isolées ou accouplées ; sans doute des spores de moisissure ;

b. Groupes en chapelets de cellules rondes, à contours jaunes, ressemblant beaucoup aux cellules *a*, dont elle ne sont peut-être que la réunion ;

c. Cellules généralement ovoïdes, quelquefois rondes, rappelant une très petite levûre alcoolique ;

d. Cellules d'aspect jeune, à contours pâles et à contenu peu granuleux, bourgeonnantes : on dirait de la levûre de bière ;

e. Filaments de moisissures de dimensions différentes et appartenant sans nul doute à des espèces différentes;

f. Filaments courts ou longs, souples, articulés, comme des vibrions ou des bactéries.

La nature, le nombre, la jeunesse de ces organismes varient naturellement avec l'âge, l'état et l'origine du sucre. Les sucres appelés *poudres blanches* dans le commerce, et qui sont constitués par des cristaux nets, blancs, secs, n'en présentent que de rares échantillons, tandis que les sucres colorés, humides, et surtout les sucres avariés, en offrent souvent plusieurs dizaines par champ, dans des dissolutions de même richesse, avec le même grossissement de 450 diamètres.

Voici encore les organismes observés dans la dissolution d'un autre sucre brut de canne. Ce sont des filaments de moisissures, vieux et granuleux, à double contour, quelques cellules de Torulas ou de levûre peu bourgeonnées, indiquant une végétation gênée; beaucoup d'acariens morts.

On peut se proposer dans chaque cas d'isoler et de cultiver ces organismes; mais la difficulté est grande de les préparer ainsi à l'état de pureté. J'ai cité ailleurs l'exemple de la séparation du *Mucor circinelloides* et de la torula qui le souillait à l'origine. Voici un exemple de même nature.

Exp. XXX. — Le 15 avril 1878, j'examine au microscope un sucre très coloré venant de l'île Saint-Louis et contenant 8 p. 100 environ de sucre réducteur; j'y trouve de nombreux organismes. Je sème une trace de ce sucre, avec les précautions nécessaires, dans un ballon de moût de bière pur.

Le 14 mai, au point où la semence est tombée, petite tache grisâtre constituée exclusivement par une sorte de petite torula, très jeune et bien bourgeonnée, à cellules généralement rondes, d'un diamètre de 2 à 4 millièmes de millimètre. Pas de bactéries, pas de vibrions et pas de levûre alcoolique apparente. Il n'y a pas eu d'ailleurs de fermentation. J'ensemence alors un ballon d'eau de levûre sucrée à 10 p. 100. Le 21 mai, la torula s'est bien développée, mais il y a un commencement de fermentation déterminé par quelques cellules jeunes et bien bourgeonnées de levûre de bière, dont le développement ne s'était pas encore manifesté; pas de bactéries; pas de vibrions.

Voilà donc deux organismes de natures différentes issus du

même sucre. J'ai cherché d'abord à purifier la torula par des ensemencements fréquents dans l'eau de levûre non sucrée ; mais, du 21 mai au 9 juin, toutes mes tentatives furent infructueuses.

Le 9 juin, j'abandonne à lui-même un ballon d'eau de levûre ainsi ensemencé.

Le 24 juillet, on voit au niveau du liquide, sur les parois du ballon, une couronne blanche de torula ; je brise le ballon un peu au-dessus de la couronne, et je fais une prise, que je porte dans un nouveau ballon d'eau de levûre non sucrée.

Le 28 août, nouvel ensemencement dans un ballon d'eau de levûre non sucrée. La torula paraît pure de levûre alcoolique.

Le 14 décembre, j'ensemence un ballon d'eau de levûre sucrée, et, les jours suivants, la petite plante se développe sans que la liqueur fermente. On ne voit au microscope aucune cellule de levûre.

Cette torula jouit de la propriété de ne pas intervertir le sucre de canne, ce qui la différencie profondément de celle dont j'ai parlé plus haut.

La présence de levûres alcooliques, de moisissures et de torulacées, dont plusieurs sécrètent du ferment inversif, explique aisément la production du sucre réducteur dans les sucres de canne ; il faut cependant montrer que ce ferment inversif existe réellement, et qu'il est capable d'exercer son action.

2° *Existence du ferment inversif dans les sucres bruts de canne.* — Pour séparer une quantité appréciable de ferment inversif, il convient d'opérer avec des sucres riches en sucre réducteur, parce que les organismes y sont nombreux. Avec des sucres moins impurs, on pourrait ne pas saisir le ferment, car il s'y trouve en très faible proportion.

Exp. XXXI. — Je dissous du sucre de Maurice dans une petite quantité d'eau, et je traite par l'alcool à 92°. Il se forme un précipité floconneux qui est recueilli sur un filtre et séché à la température ordinaire.

Une faible partie du dépôt ayant donné, à la température ordinaire, une légère réduction, après dix jours de contact avec de l'eau sucrée à 1 p. 100, je recommence avec une nouvelle dissolution sucrée à 1 p. 100, mais à 35 degrés. La liqueur, essayée au saccharimètre Laurent, a donné successivement :

12 avril	5.8 divisions droite
25 —	5.5 — —

1er mai	3.5 divisions	droite	
8 —	3.0	—	—
21 —	0.0	—	
2 juin	2.0	—	gauche
14 —	2.0	—	—

Dès le 1er mai, la dissolution réduit nettement la liqueur de Fehling.

La réaction est restée neutre au papier de tournesol sensible; pas d'odeur; pas d'organismes.

Il s'est donc produit, quoique très lentement, une interversion complète; mais cette lenteur ne doit point surprendre, si l'on songe à la très petite quantité de ferment qu'un sucre doit contenir, et surtout à celle bien plus faible encore qui a été utilisée.

Voici un exemple dans lequel le ferment a été ou plus actif ou plus abondant.

Exp. XXXII. — Le 3 octobre, 200 grammes d'un sucre riche en glucose sont dissous dans le plus petit volume d'eau possible, et la solution traitée par quatre ou cinq fois son volume d'alcool à 95°. Après un repos de quelques heures, le liquide clair est décanté; le dépôt filtré, puis lavé à l'alcool, est enfin séché sur l'acide sulfurique.

La dessiccation terminée, je plonge dans de l'eau tiède trois tubes contenant :

Numéro 1	Eau sucrée pure.
— 2	Id. + fragment du dépôt précédent.
— 3	eau distillée — —

Au bout de quelques instants, j'essaye le liquide avec la liqueur de Fehling :

Numéro 1	Réduction	nulle.
— 2	—	abondante.
— 3	—	très faible.

L'action inversive du ferment s'est donc manifestée rapidement. L'existence de ferment inversif dans les sucres bruts de canne est ainsi établie.

La méthode ne peut évidemment réussir qu'avec des échantillons riches en sucre réducteur, et, par suite, en organismes microscopiques. Pour les autres, il suffira de multiplier ces petits êtres dans des milieux sucrés, et de montrer qu'ils intervertissent le sucre.

Comme complément de démonstration, il m'a paru utile de faire voir que l'addition artificielle d'organismes à des sucres bruts, non seulement permettait leur multiplication, mais encore favorisait la production du sucre réducteur.

Exp. XXXIII. — Le 8 avril, je mets à 40° trois flacons contenant :

Numéro 1...........	100 gr., sucre brut à 4.40 % de sucre réducteur.	
— 2...........	—	+ dépôt en pâte ferme d'un ballon de levûre pure.
— 3...........	—	+ dépôt en pâte ferme d'un ballon de torula à ferment inversif.

Cette torula est celle dont j'ai déjà parlé ; elle avait pour origine un sucre brut.

Le 18 mai, après quarante jours de séjour à l'étuve,

Le numéro 1	contient	7.21	pour 100 de sucre réducteur.	
— 2	—	18.00	—	
— 3	—	8.76	—	

Entre les organismes normaux du sucre employé et ceux que j'avais ajoutés, il n'y a eu qu'une différence d'intensité ; tous se sont développés et ont produit une transformation graduelle du sucre cristallisable en sucre réducteur.

3° *Action des antiseptiques et des anesthésiques sur les sucres bruts de canne.* — De tout ce qui précède, il résulte que la production de sucre réducteur dans les sucres exotiques est un phénomène d'inversion déterminé par la présence d'êtres microscopiques. Si donc on empêche le développement de ces derniers, on devra empêcher aussi la formation du sucre réducteur. C'est en effet ce qui arrive, quand on soumet les sucres bruts à l'influence des agents antiseptiques ou anesthésiques.

Exp. XXXIV. — Le 26 avril 1877, je mets dans des flacons bouchés, à la température constante de 35° :

Numéro 1.	50 gr., sucre brut	+	5cc eau distillée.	
— 2.	—	+	—	+ 0cc5. chloroforme.
— 3.	—	+	—	+ 0cc5. éther.
— 4.	—	+	—	+ 0cc5. sulfure de carbone.
— 5.	—	+	—	+ 5 gouttes acide phénique.

Le sucre employé contenait 4.05 p. 100 de sucre réducteur, ce qui fait pour le mélange de 50 grammes de sucre et de 5 centimètres cubes d'eau, 3.68 p. 100.

Les sucres ont été analysés une première fois le 26 mai, puis une seconde fois le 15 février 1878 :

	Sucre réducteur au 26 mai	au 15 février.
Numéro 1	9.80 %	15.52 %
— 2	8.82	10.76
— 3	8.82	14.91
— 4	8.82	14.84
— 5	5.94	5.88

Exp. XXXV. — Faite parallèlement à la précédente, avec un sirop de sucre brut contenant 1.03 p. 100 de sucre réducteur :

Flacon n° 1........ 50cc sirop seul.
— 2........ — + 0cc.5 chloroforme.
— 3........ — + 0cc.5 éther.
— 4........ — + 0cc.5 sulfure de carbone.
— 5........ — + 5 gouttes acide phénique concentré.

Proportion de sucre réducteur :

	Au 26 mai.	Au 15 février.
Numéro 1	8.13 %	30.27 %
— 2	5.15	8.92
— 3	5.03	12.45
— 4	4.90	7.84
— 5	4.68	11.27

L'inversion a été ralentie dans tous les cas, mais à des degrés divers. Pour comprendre ces différences, il faut tenir compte à la fois de la densité, de la volatilité et de la solubilité des substances employées, et de la consistance des mélanges.

Dans l'expérience XXXIV le mélange était pâteux et les antiseptiques se trouvaient disséminés dans toute la masse; aussi l'éther, le chloroforme et le sulfure de carbone, substances très volatiles, ont-ils pu se diffuser à travers les bouchons; leur action a donc été diminuée, tandis que l'acide phénique a agi intégralement.

Dans l'expérience XXXV, le mélange était fluide, et les liquides non solubles se sont superposés par ordre de densité; le chloroforme et le sulfure de carbone se sont précipités au fond, tandis que l'éther a surnagé à la surface; ce dernier seul a donc pu se vaporiser; une partie de l'acide phénique est aussi restée insoluble.

Ce succès partiel m'a déterminé à recommencer dans de nou-

velles conditions, avec des substances solubles, capables par conséquent de donner des mélanges intimes.

Exp. XXXVI. — Le 11 décembre 1879, je mets dans des flacons bouchés et placés ensuite à 40° respectivement :

Numéros			
.	100 gr. sucre brut de canne contenant 2gr. 89 p. 100 de sucre réducteur	+ 5cc	eau distillée.
2.	—	+ 5cc	solution concentrée de salicylate de soude.
3.	—	+ 5cc	— saturée d'acétate de soude.
4.	—	+ 5cc	— concentrée d'acétate de potasse.
5.	—	+ 5cc	— — de chloral hydraté.
6.	—	+ 5cc	— — de bisulfite de chaux.
7.	—	+ 5cc	— — saturée d'acide sulfureux.
8.	—	+ 5cc	— — de borax.

Tous ces corps sont connus pour leurs propriétés antifermentescibles ou antiseptiques.

On constate l'existence d'organismes microscopiques dans le sucre brut, soit 1 à 2 cellules isolées ou bourgeonnées par champ, avec un grossissement de 450 diamètres, dans une dissolution de 10 grammes de sucre dans 15cc d'eau distillée.

Le 17 et 18 janvier 1880, analyse des échantillons et examens microscopiques, dans les mêmes conditions que plus haut :

			Cellules par champ.
		Sucre mis en expérience	1 à 2
Numéro	1.	Sucre et eau distillée	15 à 25
—	2.	— et salicylate de soude	1 à 2
—	3.	— et acétate de soude	1 à 2
—	4.	— et acétate de potasse	1 à 2
—	5.	— et chloral	1 à 2
—	6.	— et bisulfite de chaux	1 a 2
—	7.	— et acide sulfureux	1 à 2
—	8.	— et borax	4 à 5

Tout développement des organismes a donc été empêché, sauf avec le borax, où ils sont cependant moins nombreux qu'avec l'eau pure.

Résultat de l'analyse :

			Sucre réducteur.
Numéro	1.	Sucre et eau distillée	6.98 %
—	2.	— et salicylate de soude	3.09
—	3.	— et acétate de soude	3.49
—	4.	— et acétate de potasse	3.59
—	5.	— et chloral	4.45
—	6.	— et bisulfite de chaux	10.53
—	7.	— et acide sulfureux	16.06
—	8.	— et borax	6.55

Comme le chloral réduit la liqueur de Fehling, le nombre obtenu avec l'échantillon n° 5 est un peu trop fort; la véritable richesse en sucre réducteur ne doit pas s'éloigner beaucoup de celle de l'échantillon n° 4 par exemple.

Par conséquent, le salicylate de soude, l'acétate de soude, l'acétate de potasse et le chloral hydraté ont conservé le sucre sans altération sensible. L'agent le plus efficace est le salicylate de soude, qui n'empêche pas seulement la vie des cellules organisées, mais qui arrête aussi l'action des ferments solubles.

Le bisulfite de chaux et l'acide sulfureux ont au contraire favorisé la production du sucre réducteur, bien qu'ils aient nui au développement des organismes. Cela s'explique par leur acidité propre, ou mieux par la formation d'acide sulfurique dans une masse poreuse.

Quant au borax, ses propriétés antifermentescibles se sont trouvées dissimulées, sans que je puisse en indiquer la raison; mais, à un autre point de vue, il donne un résultat intéressant : Tandis qu'il exalte le pouvoir rotatoire de la mannite, il diminue au contraire celui du sucre cristallisable; de plus, il ne précipite pas par l'acétate de plomb, comme s'il s'était formé une combinaison chimique de borate de sucre.

Exp. XXXVII. — Le 13 décembre 1879, je dispose une expérience parallèle à la précédente, avec le même sucre, et les mêmes substances antifermentescibles, sauf le bisulfite de chaux. L'acide sulfureux est amené au fond du flacon à l'état gazeux jusqu'à saturation apparente, les autres corps sont employés à l'état solide et mélangés aussi parfaitement que possible avec le sucre. On a ainsi :

Numéro	1......	100 gr. sucre seul.	
—	2......	—	+ 2 gr. salicylate de soude.
—	3......	—	+ 2 gr. acétate de soude.
—	4......	—	+ 2 gr. acétate de potasse.
—	5......	—	+ 2 gr. chloral hydraté.
—	6......	—	+ 2 gr. borax.
—	7......	—	+ courant d'acide sulfureux.

Les 19 et 20 janvier 1880, analyses des échantillons.

			Sucre réducteur.
Numéro	1.	Sucre seul	3.45 %
—	2.	— et salicylate de soude	1.80
—	3.	— et acétate de soude	3.03
—	4.	— et acétate de potasse	2.95
—	5.	— et chloral	3.82
—	6.	— et borax	3.78
—	7.	— et acide sulfureux	8.03

Si l'on remarque que le résultat est troublé pour le chloral, parce que ce corps réduit la liqueur de Fehling, on voit que cette expérience confirme complètement la précédente. L'altération totale est seulement plus faible, parce que, en l'absence d'eau, la diffusion du ferment inversif est rendue très difficile.

Le salicylate de soude ayant manifesté une aptitude particulière à conserver le sucre inaltéré, j'ai essayé quelle serait la proportion minimum à utiliser.

Exp. XXXVIII. — Le 15 novembre 1879, je prends quatre sucres bruts de richesses différentes, dont voici la composition :

	A.	B.	C.	D.
Sucre cristallisable	79.10	83.00	94.40	95.00
— réducteur	10.13	8.76	2.31	1.62
Eau	5.85	4.60	1.70	1.15
Matières minérales et autres	4.92	3.64	1.59	2.23
	100.00	100.00	100.00	100.00

Avec chacun de ces sucres, je fais trois essais :

a	100 gr. sucre	+ 2 gr.	salicylate de soude.
b	—	+ 1 gr.	—
c	—	seul.	

J'ai ainsi douze flacons qui sont placés dans une étuve, à la température constante de 40 degrés.

Les 16 et 18 décembre, après un mois, et les 21 et 22 janvier 1880, après deux mois de séjour à l'étuve, je fais les analyses, et j'obtiens pour le sucre réducteur :

		Après un mois.	Après deux mois.
Série A.	*a*	10.70 %	10.96 %
	b	11.37	12.92
	c	12.35	14.57
Série B.	*a*	8.92	9.16
	b	9.73	10.41
	c	10.53	12.41
Série C.	*a*	2.42	2.38
	b	2.44	2.60
	c	2.89	3.32
Série D.	*a*	1.61	1.57
	b	1.66	1.68
	c	1.99	2.10

Afin de rendre ces nombres comparables entre eux et avec la richesse initiale, il convient de les transformer, et de les

rapporter au sucre seul, en faisant abstraction du salicylate de soude. Pour cela, il suffit de multiplier par $\frac{102}{100}$ tous ceux qui sont relatifs aux essais *a*, et par $\frac{101}{100}$ tous ceux qui sont relatifs aux essais *b*. On a ainsi :

		Au début.	Après un mois.	Après deux mois.
Série A.	*a*	10.13	10.91	11.18
	b	—	11.58	13.05
	c	—	12.35	14.57
Série B.	*a*	8.76	9.10	9.34
	b	—	9.83	10.51
	c	—	10.53	12.41
Série C.	*a*	2.31	2.47	2.43
	b	—	2.46	2.63
	c	—	2.89	3.32
Série D.	*a*	1.62	1.64	1.60
	b	—	1.68	1.70
	c	—	1.99	2.10

La transformation du sucre cristallisable en sucre réducteur a été progressive dans tous les cas, mais beaucoup plus abondante avec A. et B. qu'avec C. et D., ce qui s'explique par la différence de richesse en eau et en organismes.

La dose de 1 gramme de salicylate a ralenti l'action des ferments, mais elle n'a pas suffi à l'arrêter tout à fait; au contraire, avec 2 grammes de sel, la conservation du sucre a été presque totale elle l'eût été à coup sûr, si le mélange avait pu être assez intime pour que chaque grain de sucre fût en quelque sorte entouré de salicylate.

L'action des anesthésiques vient compléter heureusement la démonstration déjà donnée de l'influence des organismes microscopiques dans la transformation du sucre cristallisable en sucre réducteur. Tout procédé capable d'éloigner ou de paralyser ces petits êtres permet aussi la conservation des sucres bruts et des sirops qui en résultent. C'est ainsi que le turbinage à l'alcool (exp. VIII) a donné un sirop moins altérable que le turbinage à l'eau (exp. VII).

RÉSUMÉ

Avant mes recherches, la plus grande confusion existait dans la science sur la nature du sucre réducteur contenu dans les sucres

bruts de canne, et l'on ignorait complètement la véritable cause de sa formation.

Je crois avoir établi sur de nombreuses preuves, que le sucre réducteur dont il s'agit est un premier état du sucre interverti, et qu'il est formé par interversion du sucre cristallisable, sous l'action physiologique des organismes variés renfermés dans les sucres bruts.

J'ai en outre montré que certains agents, convenablement choisis, pouvaient empêcher à la fois le développement des organismes microscopiques et l'altération corrélative du sucre. Il est permis d'espérer que la connaissance de ces faits pourra éclairer les fabricants de sucre sur les meilleurs procédés à employer pour éviter toute transformation physiologique du sucre cristallisable. Au lieu d'utiliser, comme on le fait dans quelques usines, l'acide sulfureux ou le bisulfite de chaux, dans le but d'empêcher des fermentations nuisibles du jus de canne, il serait peut-être préférable de se servir soit du salicylate de soude soit de l'acétate, de soude, soit de l'une quelconque des autres substances que nous avons étudiées. Elles se sont en effet trouvées bien supérieures à l'acide sulfureux et au bisulfite de chaux.

En cristallisant dans des sirops rendus ainsi inaltérables, chaque grain de sucre brut serait comme enveloppé d'une couche protectrice et antifermentescible, et le produit resterait inaccessible aux mauvais effets de tous les organismes que les manipulations ultérieures pourraient introduire dans sa masse.

Dans ces conditions, il résisterait notamment aux influences de la chaleur, de l'humidité, des avaries, de l'entassement en magasin.

DU SUCRE RÉDUCTEUR

DANS LES SUCRES BRUTS DE BETTERAVE

Par M. U. GAYON

Il est constant que les sucres bruts de betterave, contrairement aux sucres bruts de canne, ne présentent pas d'ordinaire de sucre réducteur. Il suffit, pour s'en convaincre, de consulter les tableaux des analyses publiées par les divers auteurs, notamment par le Dr Gunning, dans son *Rapport sur la saccharimétrie et l'impôt sur le sucre.*

Cependant, dans des cas tout à fait exceptionnels et très rares, on observe des proportions notables de sucre réducteur. M. Grenet, chimiste en chef des contributions indirectes à Arras, a bien voulu

m'en donner un exemple. Un sucre de betterave, exempt de glucose, avait été laissé dans des sacs, sous un hangar accessible à la pluie; au bout de quelques semaines, il s'était formé 4, 5 et même 8 p. 100 de sucre réducteur, suivant le point analysé.

Voici des résultats qui montreront dans quelles circonstances la transformation du sucre en glucose peut se produire.

Aux mois de mai et juin 1877, je reçus, sur ma demande, par les soins de M. Giard, professeur à la Faculté des sciences de Lille, divers échantillons de sucres de betterave, français, belges ou hollandais, les uns en bon état, les autres avariés, dont je fis immédiatement les analyses.

	Nº 1.	Nº 2.	Nº 3.	Nº 4.	Nº 5.	Nº 6.
Sucre cristallisable..........	98.80	96.10	95.00	95.00	94.10	93.40
Sucre réducteur............	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Eau.....................	0.40	1.85	2.12	2.50	2.60	2.30
Matières minérales et autres.	0.80	2.05	2.88	2.50	3.30	4.30
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

	Nº 7.	Nº 8.	Nº 9.	Nº 10.	Nº 11.
Sucre cristallisable........	93.10	92.00	92.80	89.50	89.20
Sucre réducteur...........	0.00	0.00	0.32	traces	traces
Eau.....................	2.88	3.25	3.25	5.00	4.07
Matières minérales et autres.	4.02	4.75	3.63	5.50	6.73
	100.00	100.000	100.00	100.00	100.00

Les échantillons 9, 10 et 11 étaient avariés, aussi ont-ils déjà des traces de sucre réducteur; ils sont neutres au tournesol.

Les autres échantillons sont tous alcalins.

Les sucres sont abandonnés à eux-mêmes dans une armoire du laboratoire jusqu'en octobre 1879. A cette époque, je fais l'analyse et l'examen microscopique des couches inférieures, dans lesquelles le sucre réducteur et l'humidité se sont amassés lentement par l'effet de la pesanteur.

Numéros.	Sucre cristallisable.	Sucre réducteur.	Observation microscopique
1..............	»	0,00 %	Pas de moisissures.
2..............	94.2 %	traces	Id.
3..............	90.0	3,28	Moisissures.
4..............	91.6	traces très faibles	Pas de moisissures.
5..............	86.5	1.05	Moisissures.
6..............	89.7	traces	Pas de moisissures.
7..............	73.0	12.12	Moisissures.
8..............	86.7	traces très faibles	Pas de moisissures.
9..............	83.6	4.09	Moisissures.
10..............	75.2	7.87	Id.
11..............	88.0	traces	Pas de moisissures

La réaction est devenue moins alcaline, elle est même nettement acide dans quelques échantillons, par exemple dans le n° 10.

Les moisissures se voient, soit à l'œil nu, comme dans le même n° 10, où elles forment entre les cristaux de sucre et sur les parois du flacon des flocons blancs; soit au microscope dans une goutte de dissolution sucrée.

En général, ces moisissures se présentent sous la forme de tubes mycéliens très ténus et cloisonnés, rappelant la partie végétative des Penicilliums.

Ainsi, après deux ans, cinq échantillons sur onze ont donné du sucre réducteur, en proportion variable; et, dans ces cinq échantillons, il s'est développé parallèlement des moisissures; les six autres échantillons, dans lesquels l'observation microscopique n'a pas fait voir d'organismes, ont conservé leur sucre intact, sans action mesurable sur la liqueur de Fehling.

L'expérience a été poursuivie jusqu'au mois de décembre 1880. On a trouvé alors :

Numéros	Sucre réducteur.	Examen microscopique.
1.	0.0.	Pas de moisissures.
2.	1.15	Moisissures.
3.	3.17	Id.
4.	1.59	Id.
5.	7.06	Id.
6.	1.12	Id.
7.	11.53	Id.
8.	L'échantillon n'existe plus.	
9.	5.62	Moisissures.
10.	11.73	Id.
11.	traces	Pas de moisissures.

La réaction au tournesol a continué à passer à l'acidité. Depuis une année, la proportion de sucre réducteur a augmenté dans les échantillons qui en contenaient déjà en 1879; mais de plus, trois de ceux qui n'en contenaient pas alors en possèdent maintenant et des moisissures s'y sont développées.

Il ne reste que deux sucres dans lesquels il n'y ait ni glucose, ni moisissure.

Le parallélisme constant entre l'apparition du sucre réducteur et celle des moisissures est la preuve de la relation de cause à effet qui existe entre ces deux faits. Les sucres de betterave se trouvent ainsi ramenés aux conditions des sucres de canne, dans lesquels,

je l'ai démontré, on ne peut nier l'influence des organismes microscopiques[1].

J'ai d'ailleurs vérifié directement que les moisissures et autres organismes contenus dans les sucres bruts de betterave ont bien la propriété d'intervertir le sucre cristallisable, ce qui éloigne l'idée d'attribuer la production du sucre réducteur à l'acidité croissante des échantillons.

En semant des traces des sucres précédents dans des liquides sucrés contenus dans des ballons Pasteur à deux cols, j'ai constaté en effet, suivant la réaction du milieu, la production d'organismes très variés, bactéries, vibrions, dans les milieux neutres ou alcalins; torulacées, moisissures, levûres alcooliques, dans les milieux légèrement acides. A mesure que ces petits êtres se développent, le liquide acquiert peu à peu la propriété de réduire la liqueur de Fehling, preuve incontestable de l'interversion progressive du sucre dissous.

En résumé, les sucres bruts de betterave, soit par leur alcalinité normale, soit peut-être par la nature de leurs éléments minéraux, restent impropres à la multiplication des êtres microscopiques, et se conservent par conséquent sans donner lieu à la production de glucose; mais que, par une circonstance favorable, leur constitution se modifie, ils deviennent neutres ou légèrement acides, et aussitôt les germes d'organismes qu'ils renferment toujours se développent, et en même temps apparaît le sucre réducteur. Si l'action des organismes continue, la proportion de sucre réducteur augmente, exactement comme dans les sucres bruts de canne.

CLIMATOLOGIE DE GRIGNON

DU 1er DÉCEMBRE 1879 AU 1er DÉCEMBRE 1880.

OBSERVATOIRE DE GRIGNON.

Latitude, 48°50′55″.
Longitude, 0°23′47″.
Altitude du sol, 84m,45.
Altitude de la cuvette du baromètre, 85m,41.

L'année météorologique 1879-1880 a présenté des caractères extrêmement remarquables. A un hiver d'une rigueur presque inconnue a succédé un printemps chaud et sec, suivi par un été plus

1. Voyez le Mémoire précédent.

chaud que la moyenne, mais surtout beaucoup plus pluvieux. Les conditions de l'automne ont été à peu près normales.

Le tableau suivant résume les principaux caractères de l'année.

RÉSUMÉ DES OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A L'ÉCOLE DE GRIGNON EN 1879-1880

MOIS.	TEMPÉRATURES			PLUIE en milli-mètres.	ÉVAPORATION en millim.	DEGRÉS hygro-métriq.	DIRECTION du vent dominant.	BAROMÈTRE à zéro.
	9 heures du mat.	maxima.	minima.					
Décembre 1879	— 8.75	— 2.95	—14.51	72.5	?	82	NE	761.20
Janvier 1880.	— 2.58	+ 2.03	— 5.41	15.3	?	86	E et NE	761.30
Février —	+ 4.05	10.97	+ 0.85	34.4	11.59	87	ENE et OSO	750.65
Mars —	9.30	15.80	2.90	76	84.79	57	ENE et SO	755.60
Avril -	10.40	15.90	3.60	47.34	84.01	65	SO et NE	750.05
Mai —	14.66	19.70	4.73	4.73	145.84	53.46		754.01
Juin —	16.42	21.81	9.20	102.57	82.22	64.20		751.70
Juillet —	20.10	25.07	11.12	78.42	85.94	56.50		752.46
Août —	19.45	25.10	12.86	75.35	?	68.05		751.39
Septembre—	16.97	22.50	9.78	50.10	68.10	71.89		753.20
Octobre —	9.55	13.15	5.52	81.47	16.77	83.30		750.06
Novembre —	5.26	8.46	1.10	34.77	29	83.90		752.40
Moy. et sommes	9.57	14.71	3.47	672.95	?	72.36		753.66

En somme, la moyenne des températures de l'année est d'environ 1° inférieure à la moyenne d'une période de vingt années d'observations à Versailles. Par contre, le pluviomètre accuse un excès de plus d'un décimètre de hauteur d'eau.

Thermométrie. — Il est très remarquable d'observer qu'alors que la température moyenne à neuf heures du matin (9°,57) est de 0°,94 inférieure à la température moyenne d'une année ordinaire et que par suite d'une moyenne hibernale de — 2°,42 (la moyenne hibernale ordinaire étant de + 3°,27) ; la température de l'hiver de 1879-80 est de 5°,69 plus basse que la moyenne ordinaire, la température moyenne du printemps s'est élevée à 11°,45, c'est-à-dire à 1°,59 au-dessus de ce qu'on l'observe d'ordinaire. L'été, avec

sa moyenne de 18°,65, se montre lui aussi de 0°,57 plus chaud qu'un été commun. Enfin l'automne, fournissant une moyenne de 10°,59, ne se trouve que de 0°,25 inférieur à un automne moyen.

Si au lieu de comparer les observations à celles d'une période de vingt années à Versailles on les compare à celles des cinq années précédentes à Grignon, on constate que la moyenne de l'année 1879-1880 n'est que de 0°,59 inférieure à cette susdite moyenne, tandis que la moyenne hibernale de l'année est inférieure de 5°,12.

La moyenne du printemps est plus élevée de 2°,10

La moyenne estivale est également plus élevée de 0°,45.

Enfin la moyenne de l'automne se trouve également plus élevée de 0°,36 que la moyenne des cinq années précédentes.

Si, d'autre part, on fait la comparaison entre les maxima de Versailles et ceux de Grignon dans la même année 1879-1880, on trouve que ceux de Grignon sont de 0°,67 plus élevés que ceux de Versailles, tandis que les minima ont présenté au contraire 1°,95 de moins que ceux qu'on a constatés dans cette ville.

Pluviométrie. — La hauteur d'eau recueillie au pluviomètre en 1879-1880 (0m,67295) est de 0m,03663 plus élevée que la moyenne des cinq années précédentes à Grignon et de 0m,11313 plus élevée que la moyenne de vingt années d'observations à Versailles ; pour la même année 1879-1880, le pluviomètre de l'observatoire de Versailles accuse 0m,11064 de moins que celui de Grignon.

En totalisant les hauteurs d'eau recueillie au pluviomètre par saisons météorologiques, on trouve la répartition suivante pour 1879-1880,

	m
Hiver	0,12220
Printemps	0,12807
Été	0,25634
Automne	0,16634

alors que pour les cinq années précédentes la moyenne était de

m
0,12400 pour l'hiver,
0,16428 pour le printemps.
0,18126 pour l'été.
0,16676 pour l'automne.

Moyenne des récoltes obtenues à Grignon en **1880.**

	Paille.	Grain.
Froment	4000k	2262k
Avoine	5760	2880
Escourgeon	4400	3300

	Fourrages et racines.
Foin de pré	5000k
Sainfoin	6900
Luzerne	8400
Betteraves fourragères	84000
Carottes	63800
Pommes de terre	220 hectolitres.

Les nombres ci-dessus sont notablement supérieurs à ceux de la moyenne des six années précédentes inscrits ci-dessous :

Froment	2050k
Avoine	1898
Foin de pré	4143
Betteraves	66378
Carottes	38708

Ces résultats sont dus pour les céréales à la chaleur de la période printanière et à sa sécheresse relative qui ont, par contre, été causes du faible rendement en paille du froment et de l'avoine.

	Année 1880.	Année moyenne.
Froment	4000	6854
Avoine	5760	4822

CULTURE DU CHAMP D'EXPÉRIENCES DE GRIGNON EN 1880

Par M. P.-P. DEHÉRAIN
Professeur au Muséum d'histoire naturelle et à l'École de Grignon

AVEC LA COLLABORATION DE

MM. **Bereau**, Chef des travaux pratiques à l'École de Grignon,
Nantier, Repétiteur de chimie à l'École de Grignon,
Kayser, Licencié ès sciences, Chimiste attaché à la Station.

Nous avons continué, en 1880, la culture du maïs fourrage, celle de l'avoine et celle du sainfoin, mais nous avons remplacé par du froment les pommes de terre qui ont occupé pendant cinq ans toute une série de nos parcelles.

Culture du sainfoin.

Le sainfoin, qui était à sa deuxième année, a donné en 1880 des résultats plus avantageux qu'en 1879; l'an dernier, les parcelles les

meilleures n'avaient pas atteint 8000 kilos de fourrage à l'hectare; en 1880 l'une d'elles dépasse 11 000 kilos.

Ce résultat est dû en partie à la saison qui a été plus favorable qu'en 1879, mais surtout à ce que la plante était en pleine vigueur cette année; on sait, en effet, que la luzerne et le sainfoin donnent toujours de meilleures récoltes la seconde année de leur semis; on peut toutefois conclure de l'abondance du fourrage obtenu, que les froids excessifs de l'hiver 1879-80 n'ont eu aucune influence fâcheuse sur la vitalité de la plante, et il est remarquable de voir que les températures de 26° au-dessous de zéro du 10 décembre 1879, que celle de 25°,5 du 17 décembre qui ont fait périr presque tous les noyers du parc de Grignon, et qui ont détruit notre allée de buis qui était une des curiosités du domaine, n'aient exercé aucune action fâcheuse sur les plantes herbacées.

Nous avons tenté, en 1880, d'employer sur le sainfoin les sels de potasse, qui réussissent parfois très bien sur les légumineuses; nous tentions cet essai sans grand espoir de réussite, car d'après la théorie du plâtrage que nous avons donnée il y a déjà bien des années, le plâtre a surtout pour effet de mobiliser la potasse en la transformant en sulfate; or le plâtre ne réussit pas sur le sol de Grignon; il était dès lors probable que le sulfate de potasse ne se montrerait pas très efficace et, en effet, si la parcelle **3** qui a reçu d'abondantes fumures pendant trois ans et 200 kilos de sulfate de potasse, a donné la meilleure récolte de toute la série, **4** qui a eu les mêmes fumures et la même dose de sulfate de potasse n'a donné qu'un résultat analogue à celui de **1** et **2** qui n'avaient pas reçu de sulfate de potasse; il en est de même de **8** qui n'a rien reçu et qui donne un rendement égal à **6**, bien que cette dernière ait eu 200 kilos de sulfate de potasse; en revanche, **13**, qui est resté sans engrais, donne une récolte plus faible que **11** qui a reçu du sulfate de potasse; il serait donc difficile de croire à l'influence des sels de potasse si les deux parcelles **66** et **70** ne venaient apporter un argument en leur faveur.

Ces deux parcelles ont reçu, en 1878, du fumier de ferme en couverture qui, en 1879, n'avait paru montrer pour le sainfoin aucune efficacité, en effet **67** avait donné en 1879 4600 kilos de fourrage sec, et **70**, 4100; les récoltes étaient donc très faibles et notamment très inférieures à celles qu'on avait obtenues de **1**, **2**, **3** et **4** dans le sol desquels on a enfoui des doses notables de fumier.

CULTURE DU SAINFOIN EN 1880.

NUMÉROS DES PARCELLES.	FUMURES DISTRIBUÉES EN 1880.	FUMURES DISTRIBUÉES EN 1875-76-77-78 EN 1879. Aucune des parcelles n'a reçu d'engrais.	FOIN RECUEILLI A L'HECTARE.
			kilos.
1	Sans engrais	20 000 k. de fumier	10 360
2	Sans engrais	40 000 k. de fumier	10 543
3	200 k. sulfate de potasse	80 000 k. de fumier, rien en 1878	11 737
4	200 k. sulfate de potasse	80 000 k. de fumier, 1000 k. de superphosphate, rien en 1878	10 810
5	Sans engrais	Sans engrais	7 915
6	200 k. sulfate de potasse	400 k. azotate de soude	8 383
7	20 000 k. tourbe	400 k. azotate de soude	8 271
8	Sans engrais	400 k. azotate de soude et 400 k. superphosphate	8 917
9	20 000 k. tourbe, 400 k. sulfate de potasse	400 k. azotate de soude et 400 k. superphosphate	8 538
10	Sans engrais	1200 k. azotate de soude, rien en 78	9 746
11	200 k. sulfate de potasse	400 k. sulfate d'ammoniaque	8 775
12	20 000 k. de tourbe	400 k. sulfate d'ammoniaque	8 506
13	Sans engrais	400 k. sulfate d'amm., 400 k. superphosphate	7 065
14	20 000 k. de tourbe, 200 k. sulfate de potasse.	400 k. sulfate d'amm., 400 k. superphosphate	7 093
15	Sans engrais	400 k. superphosphate	7 480
16	Sans engrais	1200 k. sulfate d'ammoniaque (rien en 78)	7 765
67	400 k. sulfate de potasse	40 000 k. fumier de ferme en couverture en 1878 (rien auparavant)	10 663
70	100 k. sulfate de potasse	20 000 k. fumier de ferme en couverture, 200 k. azotate de soude, 200 k. superphosphate en 1878	10 390

Ces différences nous avaient vivement frappé l'an dernier, et nous ajoutions : les engrais de potasse n'ont guère produit d'effet jusqu'à présent sur le sol du champ d'expériences, ce qui tend à prouver que la quantité de potasse qu'il renferme est suffisante pour subvenir aux besoins des végétaux; mais nous avons donné du fumier en couverture à **67** et à **70**, il est probable que la couche supérieure du sol de ces parcelles doit être assez enrichie en matières ulmiques pour qu'il y ait avantage à faire intervenir le dissolvant de ces matières ulmiques, c'est-à-dire les alcalis; ces prévisions se sont réalisées en partie : en effet, **67** et **70** ont fourni, en 1880, des récoltes égales à celles de **1**, **2**, **3** et **4**, comme si les engrais de potasse avaient montré une certaine efficacité pour faire descendre dans le sous-sol les matières ulmiques; cette conclusion reste cependant entachée d'un léger doute, car les quantités très inégales de sulfate de potasse répandues sur **67** et **70** ont fourni des résultats identiques; il y a là cependant une indication qui devra être appuyée par une nouvelle série d'essais.

Nous avons tenté sans succès d'enrichir nos sols en matières ulmiques en y ajoutant de la tourbe; on ne voit pas qu'elle ait exercé une action quelconque, même lorsqu'elle est additionnée de sulfate de potasse; c'est ainsi que **6**, **7**, **8**, **9** donnent des résultats semblables, bien que l'une soit restée sans engrais, que l'autre ait eu du sulfate de potasse, une autre de la tourbe, une dernière de la tourbe et du sulfate de potasse mélangés; les mêmes essais sur **11**, **12**, **13**, **14** sont moins nets, les rendements sont inégaux; mais si **11** et **12** sont meilleurs que **13** qui n'a rien reçu, **14**, qui a eu le mélange de tourbe et de sulfate de potasse, ne donne pas une récolte supérieure à **13**; ainsi on ne saurait remplacer par de la tourbe la matière ulmique fournie au sol par d'anciennes fumures.

Si l'on cherche, à déduire des résultats obtenus sur la culture du sainfoin l'efficacité des fumures antérieures, on reconnaît sans hésiter que ces fumures se placent dans le même ordre que l'an dernier; c'est ce qui résulte des chiffres suivants :

FOURRAGE SEC OBTENU SOUS L'INFLUENCE DE DIVERS ENGRAIS DISTRIBUÉS LES ANNÉES PRÉCÉDENTES.

Sans engrais depuis 1875	7915
Fumier de ferme	10750
Azotate de soude	8371
Sulfate d'ammoniaque	7842

L'an dernier, la plus faible récolte avait été obtenue sous l'influence du fumier en couverture que nous n'avons pas cette année distingué du fumier enfoui, puisque toutes les parcelles qui ont reçu le fumier ont donné sensiblement le même poids de fourrage; en 1880, comme en 1879, l'azotate de soude se place au second rang, la parcelle sans engrais au troisième, et les sols qui ont reçu le sulfate d'ammoniaque viennent en dernier.

Il est remarquable de constater combien ce sel exerce des actions différentes suivant les sols et suivant les plantes auxquelles il est distribué; sur les pommes de terre, son effet n'a pas été mauvais; mais c'est pour ainsi dire la seule plante qui n'ait pas souffert de son emploi; quant aux autres cultures, elle ont toujours donné des rendements plus faibles quand elles ont reçu du sulfate d'ammoniaque que lorsque le sol est resté sans engrais.

Culture du maïs fourrage.

L'influence si remarquable qu'exercent les matières ulmiques sur le développement du maïs fourrage s'est encore nettement manifestée en 1880. Comme les années précédentes, les six parcelles qui ont reçu du fumier soit en 1880, soit pendant les saisons antérieures, dépassent 70 000 kilos, tandis qu'aucune autre parcelle n'atteint un chiffre aussi élevé.

Il s'est même produit, dans le développememt des diverses parcelles, un fait curieux : pendant les mois de juin et de juillet, les différences entre les parcelles au fumier et celles qui avaient reçu les engrais chimiques étaient beaucoup plus sensibles à l'œil que celles qui furent constatées au moment des pesées finales; il semble que la végétation n'ait pris un essor vigoureux que lorsque les racines de la plante ont dépassé la couche superficielle épuisée par les cultures précédentes pour gagner des couches plus profondes et non encore appauvries; à coup sûr, si l'on avait dû abattre la récolte à la fin du mois de juillet, les différences entre les diverses parcelles auraient été au moins aussi fortes que l'an dernier.

Au reste, ce n'est pas seulement sur le sol du champ d'expériences qu'on a pu constater, à Grignon, l'influence qu'exercent les matières ulmiques sur le développement du maïs fourrage: on avait semé du maïs sur une ancienne prairie défrichée le long du ru de Gally;

le maïs s'y est développé avec une vigueur surprenante, il atteignait de $2^m,50$ à 3 mètres de haut; son rendement s'est élevé à 88 000 kilos, bien qu'on ait dû le couper hâtivement par suite de la verse d'une partie du champ.

L'an dernier, la parcelle **34**, qui reçoit chaque année la haute dose de 40 000 kilos de fumier à l'hectare, s'était placée en tête avec 87 000 kilos de fourrage vert; cette année, cette même parcelle est encore la première; elle a fourni 95 300 kilos de fourrage. Le sol de **34** ayant reçu, pendant six ans, 40 000 kilos de fumier chaque année, a eu exactement la même dose que **35** qui a reçu 80 000 kilos pendant les trois premières années; or la moyenne des rendements de la parcelle **34** est de 86 560 et celui de **35** est de 79 960; il y a donc pour le sol de Grignon portant du maïs fourrage un avantage manifeste à distribuer le fumier à doses modérées, mais fréquemment répétées; cependant, le maïs étant très exigeant, en donnant seulement chaque année 20 000 kilos, on n'obtient pas le maximum de récolte : en moyenne, **33** ne fournit, en effet, que 75 900 kilos de fourrage vert, par conséquent un chiffre un peu inférieur à celui qu'ont fourni les 80 000 kilos donnés trois ans de suite et suivis d'un arrêt complet dans la distribution de l'engrais.

L'addition des superphosphates au fumier n'a exercé aucune action utile; en effet, **36** donne en moyenne 77 700 kilos de fourrage vert, par conséquent un peu moins que les parcelles qui ont eu le fumier sans aucune addition.

Les deux parcelles qui ont reçu le fumier en couverture ont donné en 1878 des rendements plus faibles que ceux qu'a fournis le fumier enterré; les différences étaient moins sensibles en 1879, elles le sont moins encore en 1880.

La parcelle sans engrais a fourni, pendant cette dernière année, 38 400 kilos de fourrage vert à l'hectare; c'est beaucoup plus que l'an dernier, où le rendement est tombé à 22 500, mais infiniment moins que les années précédentes, pendant lesquelles on a obtenu, sans engrais, des récoltes comprises entre 54000 et 61 000 kilos à l'hectare. Malgré les conditions favorables de la saison, le rendement que donne un sol appauvri par les récoltes précédentes n'atteint plus les chiffres élevés des premières années.

L'emploi de la tourbe mêlée ou non au sulfate de potasse n'a exercé aucune influence heureuse; il est clair que la matière ulmique qu'elle renferme n'est pas celle qui sert d'aliment au maïs fourrage.

CULTURE DU MAIS FOURRAGE EN 1800.

NUMÉROS DES PARCELLES.	FUMURES DISTRIBUÉES EN 1880.	FUMURES DISTRIBUÉES DANS LES cinq années précédentes.	RENDEMENT EN FOURRAGE VERT à l'hectare.
			kilog.
33	20 000 k. fumier de ferme	20 000 k. fumier de ferme en 1875-76-77-78-79	76 000
34	40 000 k. fumier de ferme	40 000 k. fumier de ferme en 1875-76-77-78-79	95 300
35	Sans engrais	80 000 k. fumier de ferme en 1875-76-77. — Rien en 1878-79	68 000
36	200 k. sulfate de potasse	80 000 k. fumier de ferme en 1875-76-77. — Rien en 1878-79	76 800
37	Sans engrais	Constamment sans engrais. — Témoin	38 400
38	Sans engrais	400 k. azotate de soude en 1875-76-77-78-79	42 800
39	100 k. sulfate de potasse	400 k. azotate de soude en 1875-76-77-78-79	51 500
40	10 000 k. de tourbe	400 k. azotate de soude et 400 k. superph. en 1875-76-77-78. — 2300 k. engrais Souffrice en 1879	47 300
41	10 000 k. tourbe, 100 k. sulfate de potasse	400 k. azotate de soude et 400 k. superph. en 1875-76-77-78. — 1150 k. engrais Souffrice en 1879	46 000
42	Sans engrais	1200 k. azotate de soude en 1875 76-77. — Rien en 1878-79	46 300
43	Sans engrais	400 k. sulfate d'ammoniaque en 1875-76-77-78-79	46 000
44	100 k. sulfate de potasse	400 k. sulf. d'amm. et 400 k. superph. en 1875-76-77-78.	55 300
45	10 000 k. tourbe	400 k. sulf. d'amm. et 400 k. superph. 1875-76-77-78. 2000 k. engrais Coignet en 1879	54 200
46	100 k. sulf. de potasse	400 k. sulf. d'amm. et 400 k. superph. en 1875-76-77-78 1000 k. engrais Coignet en 1879	65 300
47	5 000 k. tourbe	400 k superph. en 75-76-77-78. — Rien en 1879.	46 000
48	Sans engrais	1200 k sulf. d'amm. en 75-76-77. — Rien en 78-79.	52 300
65	40 000 k. fumier en couverture	40 000 k. fumier en couverture en 1878 et 79	76 000
68	20 000 k. fumier en couverture	20 000 k. fum. en couv., 200 k. azotate de soude, 200 k. superph. en 78-79	77 800

En revanche, le sulfate de potasse paraît avoir eu une influence heureuse.

En effet, **35** et **36** ont reçu les mêmes doses de fumier de ferme depuis six ans; on ajoute 200 kilos de sulfate de potasse sur **36** et il donne 76000 kilos de fourrage, tandis que **35** n'en donne que 68000; **38** et **39** ont été traités de la même façon depuis l'origine des expériences; ils ont reçu l'un et l'autre, chaque année, 400 kilos d'azotate de soude à l'hectare, excepté en 1880 où l'on a cessé toute distribution d'engrais azoté; or, **39** reçoit 100 kilos de sulfate de potasse et sa récolte dépasse de 4400 kilos celle de **38**; on retrouve encore des faits analogues pour **43** et **44**; l'un et l'autre ont reçu, pendant cinq ans, 400 kilos de sulfate d'ammoniaque; on ajoute 100 kilos de sulfate de potasse sur **44**, et sa récolte dépasse celle de **43** de 8700 kilos. Enfin **45** et **46**, après avoir reçu, pendant quatre ans, la même dose de sulfate d'ammoniaque, ont été fumés l'an dernier avec 2300 et 1150 kilos d'engrais Souffrice: en 1880, on donne 10000 kilos de tourbe à **45** et 100 kilos de sulfate de potasse à **46**; or **45** donne 56200 kilos de fourrage, et **46**, 65200, c'est-à-dire un chiffre égal à celui qu'on obtient avec le fumier de ferme.

Il semblerait donc que le sulfate de potasse a été efficace, mais il est difficile d'interpréter sûrement son action.

En 1867 et 68, j'ai exécuté sur l'ancien champ d'expériences de Grignon, qui est contigu au nouveau, une série de cultures sur l'emploi comme engrais des sels de potasse; les résultats ont été nuls sur la betterave, en général peu avantageux sur les pommes de terre, mais souvent, au contraire, les sels de potasse ont favorisé le développement du blé; on n'a rien remarqué de semblable sur les cultures d'avoine de notre champ d'expériences.

Ainsi, sur l'ancien champ d'expériences, les betteraves et les pommes de terre n'ont tiré aucun bénéfice de l'emploi des engrais de potasse; sur le nouveau, ils n'ont exercé aucune action sensible sur les récoltes d'avoine, tandis que nous avons trouvé bénéfice à les employer autrefois sur le blé, et cette année sur le maïs.

Culture du blé d'automne.

La culture du blé d'automne a été établie sur la bande de parcelles qui a porté pendant cinq ans des pommes de terre. On se rappelle que cette culture avait très peu bénéficié des engrais que

nous avions distribués, c'est ce qui apparaissait avec une grande netteté dans le tableau de la page 76 du tome VI, où nous avons établi le compte général des diverses parcelles; presque toutes se soldaient en perte, c'est-à-dire que le supplément de récolte obtenu par la distribution des engrais avait été insuffisant pour couvrir la dépense qu'ils avaient occasionnée.

Il était dès lors intéressant de rechercher ce qui restait de cet engrais dans le sol et de voir si sans une nouvelle addition, une plante exigeante comme le froment accuserait des différences témoignant de l'état de richesse variable dans lequel le sol était resté; en évaluant en azote le supplément de récolte obtenu sous l'influence des résidus laissés par les fumures antérieures, on pouvait reconnaître quels étaient ceux de ces engrais dont l'emploi était rémunérateur.

Le sol ayant porté pendant cinq ans une culture sarclée se trouvait en général en bon état de propreté; on sema à la fin d'octobre.

Au premier printemps, le blé était dans un état pitoyable; le terrible mois de décembre semblait avoir exercé sur lui une action déplorable, et l'on eut pendant quelques jours l'idée de le retourner et de le remplacer par un blé de printemps; l'aspect grisâtre des jeunes feuilles, le peu de vigueur des touffes semblait indiquer une récolte sinon perdue au moins tout à fait compromise: on se décida cependant à attendre quelques jours avant de procéder à de nouvelles semailles; mais bientôt tout changea d'aspect; avec les premiers jours du printemps, le blé se releva, prit une belle teinte verte, *se refit*, comme disent les cultivateurs, il ne fut plus question de le détruire.

A mesure que l'année s'avança, à mesure aussi il acquit plus de vigueur, et en somme la récolte fut très bonne, ainsi qu'on en pourra juger par le tableau n° III.

La parcelle **21** restée constamment sans engrais, a donné une récolte de 25 quintaux ou de 33 hectolitres, si nous comptons le blé à 75 kilos l'hectolitre; c'est un chiffre très élevé pour une terre qui a porté des pommes de terre sans engrais pendant cinq ans, et qui, au moment de la création du champ d'expériences, était déjà restée en luzerne depuis cinq ans; ainsi, bien que depuis dix ans cette terre n'ait reçu aucune matière fertilisante, elle produit une récolte qui est partout considérée comme excellente.

Les quatre parcelles **17, 18, 19, 20** qui ont eu, pendant les années

CULTURE DU BLÉ 1880.

NUMÉROS des parcelles.	FUMURES DISTRIBUÉES A L'HECTARE EN 1880.	FUMURES DES ANNÉES PRÉCÉDENTES.	DÉPENSES D'ENGRAIS.	POIDS de la récolte totale.	POIDS de la paille.	POIDS du grain.	VOLUME du grain à 75 kilos l'hectolitre.	VALEUR DE LA RÉCOLTE : Paille à 5 fr. 100 k. Grain à 25 fr. 100 k.
17	Sans engrais en 1880	20 000 k. de fumier de ferme de 1875 à 1879[1]	»	10315	6565	3750	50 00	1263 50
18	—	40 000 k. de fumier de 1875 à 1879	»	9520	6120	3400	45 30	1155 00
19	—	80 000 k. de fumier de 1875 à 1877	»	8905	6045	2950	39 33	1048 00
20	—	80 000 k. de fumier + 1000 k. de superphosph. de 1875 à 1877	»	9685	6160	3525	47 00	1186 00
21		Sans engrais	»	6225	3725	2500	33 33	805 00
22	200 k. de sulfate de potasse	400 k. d'azotate de soude de 1875 à 1879	46	6535	3835	2700	36 00	865 00
23	10 000 k. de tourbe	400 k. d'azotate de soude de 1875 à 1879	232 40	6760	3910	2850	38 00	897 50
24	Sans engrais	400 k. d'azotate de soude + 400 k. de superphosphate de 1875 à 1878. — 2300 k. d'engr. Souffrice en 1879.	»	7950	4550	3400	45 33	1075 00
25	10 000 k. de tourbe + 100 k. de sulfate de potasse	400 k. d'azotate de soude + 400 k. de superph. de 1875 à 1878; 1150 k. d'engr. Souffrice en 1879	255 40	7780	4380	3400	45 33	1055 00
26	Sans engrais	1200 k. d'azot. de soude de 1875 à 1877	»	6805	3955	2850	38 00	1027 50
27	—	400 k. de sulfate d'ammoniaque de 1875 à 1879	»	5620	3220	2400	32 00	795 00
28	—	400 k. de sulfate d'ammoniaque de 1875 à 1879	»	5410	3110	2300	30 66	715 00
29	—	400 k. de sulf. d'ammon. + 400 k. de superphosph. de 1875 à 1878; 2000 k. d'engr. Coignet en 1879.	»	6700	4010	2750	36 66	887 00
30	—	— de 1875 à 1878; 1000 k. d'engr. Coignet en 1879.	»	5690	3190	2500	33 33	782 00
31	—	400 k. de superph. de 1875 à 1878	»	5090	2090	2700	36 00	770 00
32	—	1200 k. de sulf. d'amm. de 1875 à 1877	»	4450	2450	2000	26 66	620 00
66	—	40 000 k. de fumier en couverture en 1878 et 1879.	»	7065	4015	3050	40 66	962 00
69	—	20 000 k. de fumier en couverture + 200 k. d'azotate de soude + 200 k. de superphosph. en 1878 et 1879.	»	6210	3810	2400	32 00	790 00

1. 1875 à 1879 veut dire 1879 inclusivement.

précédentes, les fumures au fumier de ferme ont donné en moyenne une récolte de 45 hectolitres, la parcelle **17** atteint le magnifique rendement de 37 quintaux de blé ou 50 hectolitres, chiffre tout à fait exceptionnel, il est curieux qu'aucune des autres parcelles qui ont reçu les années précédentes des fumures très abondantes n'ait fourni un chiffre aussi élevé ; les différences entre ces parcelles sont dues plutôt, au reste, à des causes accidentelles qu'à l'état du sol ; les parcelles **18, 19** et **20** ont versé plus vite et plus complètement que **17**, et c'est peut-être là la cause des différences notables qu'on trouve entre elles.

Les essais d'emploi de sulfate de potasse ou de tourbe sur les parcelles **22** et **23** n'ont pas été couronnés de succès ; les récoltes ne dépassent pas sensiblement le témoin, et ces résultats négatifs nous font voir non seulement que les engrais ajoutés en 1880 n'ont guère montré d'efficacité, ils font voir en outre que l'azotate de soude employé pendant cinq ans, à raison de 400 kilos à l'hectare chaque année, n'a pas augmenté sensiblement la fertilité du sol, c'est ce qui apparaît surtout sur la parcelle **26** qui a reçu chaque année, en 1875, 76 et 77, 1200 kilos d'azotate de soude et qui fournit, en 1880, 38 hectolitres, c'est-à-dire 5 hectolitres de plus que le témoin, ce qui est bien peu pour la dose de matière azotée ajoutée.

Il en est tout autrement des engrais renfermant de l'azote organique : les deux parcelles **24** et **25** ont reçu l'an dernier des débris de viande désignés sous le nom d'engrais Souffrice ; le rendement du grain s'est élevé à 45 hectolitres sur les deux parcelles, le mélange de tourbe et de sulfate de potasse déposé sur **25** n'a réussi qu'à maintenir la récolte de cette parcelle égale à celle de **24**, bien que le poids d'engrais distribué sur celle-ci fût double de celui qu'avait reçu celle-là, sans qu'on puisse même affirmer que la même récolte n'eût pas été obtenue sans l'addition de cette tourbe ; nous voyons, en effet, depuis longtemps que les récoltes ne croissent pas en raison de la quantité d'engrais distribuée, et il est possible que la quantité d'engrais Souffrice donnée l'an dernier sur 25 ait été suffisante pour soutenir la récolte de blé de 1880.

Les trois parcelles **27**, **28** et **33**, amendées pendant les années précédentes avec du sulfate d'ammoniaque, donnent des récoltes inférieures au témoin dans les deux premiers cas, et beaucoup plus basses dans le dernier ; il est clair que sur un sol calcaire comme le nôtre, le sulfate d'ammoniaque est un produit non seulement peu

avantageux, mais même dangereux; en effet, tandis que la parcelle restée sans engrais depuis dix ans donne 33 hectolitres de grains, la parcelle 32 n'en donne que 26, et cependant la distribution du sulfate d'ammoniaque a cessé depuis trois ans; il y a là une persistance d'effet fâcheux très remarquable; si l'on rapproche cette observation de celles qui ont été faites en Champagne où l'on a reconnu que l'azotate de soude exerçait sur les prairies une action beaucoup plus profitable que le sulfate d'ammoniaque, on peut en déduire avec certitude que ce sel ne doit pas être employé sur les terrains calcaires. C'est au reste ce qui résulte déjà des comparaisons que nous avons faites à différentes reprises entre les rendements obtenus à l'aide des divers engrais azotés que nous avons employés.

L'engrais Coignet, employé en 1879 dans la culture des pommes de terre et qui n'avait guère montré d'efficacité, n'a exercé pendant cette année 1880 qu'une action très médiocre sur 38 et nulle sur 31.

Les superphosphates distribués pendant quatre ans sur 32 n'ont augmenté la récolte de blé, en 1880, que d'une façon insignifiante; enfin la fumure en couverture distribuée l'an dernier sur 66 et 69, médiocrement efficace dans un cas, ne l'est aucunement dans l'autre.

En résumé, on voit que, sur notre sol de Grignon, non seulement les engrais organiques sont les plus efficaces, mais encore sont ceux dont l'action se prolonge le plus longtemps. Cependant le mode d'emploi est loin d'être indifférent : tandis que les quatre parcelles qui ont reçu du fumier enterré pendant les années précédentes, fournissent en moyenne 45 hectolitres, le fumier employé en couverture l'année précédente, n'est plus aussi avantageux, ainsi que le témoignent 66 et 69 qui ne fournissent que 36 hectolitres en moyenne. En outre, dans les engrais organiques que fournit le commerce, il faut encore faire un choix : en effet, tandis que les deux parcelles qui ont reçu l'engrais Souffrice donnent un produit moyen égal à celui des parcelles au fumier enterré, les parcelles qui ont reçu l'engrais Coignet ne fournissent qu'un rendement très médiocre.

Quant aux résidus laissés par les fumures d'azotate de soude, leur effet est faible, sans être nul, comme celui des résidus laissés par les fumures au sulfate d'ammoniaque.

Influence de la saison. — La moyenne des rendements du champ d'expériences est de 36,6 hectolitres de grains; ce n'est pas un rendement très élevé, mais c'est un bon rendement moyen, supérieur à celui qu'a fourni la récolte d'avoine; celle-ci n'atteint en moyenne,

comme nous le verrons plus loin, que 52 hectolitres environ ; il est probable que la sécheresse extrême du mois de mai, qui a eu une influence très fâcheuse sur l'avoine qui n'avait pas fait encore un système radiculaire assez puissant pour aller chercher l'eau à des profondeurs considérables, a été moins pernicieuse pour le blé qui, occupant le sol pendant longtemps, avait pu, dès le premier printemps, enfoncer ses racines jusqu'aux couches où l'eau s'était conservée.

Culture de l'avoine.

Dans le résumé des cinq années de culture de l'avoine du champ d'expériences inséré au tableau de la page 91 du tome VI, on voit que les quatre parcelles **61**, **62**, **63**, **64**, qui n'avaient porté de l'avoine qu'en 1878 et en 1879, donnaient des rendements beaucoup plus élevés que toutes les autres ; elles atteignent presque, en moyenne 9000 kilos à l'hectare, renfermant 2600 kilos de grains ; ces quatre parcelles ont reçu du fumier en couverture pour **61** et **62**, enterré pour **63** et **64**, mais additionné d'une proportion variable d'engrais salins. Or, si nous examinons le tableau de la récolte de 1880, nous trouvons encore que ces quatre parcelles présentent sur toutes les autres une supériorité marquée, non pas pour la récolte totale qui est sensiblement égale pour deux d'entre elles à celles de **49** et de **50** qui ont reçu également du fumier, mais pour la quantité de grains récoltés. Enfin, la parcelle **64** a donné la magnifique récolte de 9150 kilos renfermant 3300 kilos de grain, ce qui est tout à fait exceptionnel. Il semble donc que sur un sol comme le nôtre l'emploi du fumier en couverture pour la culture de l'avoine présente plus d'avantages que l'incorporation du fumier au sol ; il semble également qu'il soit avantageux de remplacer une partie du fumier par des engrais salins et particulièrement par de l'azotate de soude.

Nous continuons au reste encore ces essais en 1881. En effet, en 1880, l'expérience est entachée d'une irrégularité : **49** et **50** ont porté de l'avoine et ont reçu du fumier six ans de suite et le sol était envahi par les mauvaises herbes qui nous ont paru plus abondantes sur ces deux parcelles que sur **61** et les suivantes.

La parcelle **60**, qui n'a pas reçu d'engrais, a donné, en 1880, 3600 kilos de paille et 2150 kilos de grain ; la récolte est inférieure comme paille, mais plus forte comme grain que la moyenne des cinq années précédentes, et elle démontre que notre sol du champ d'expé-

CULTURE DE L'AVOINE EN 1880.

NUMÉROS des parcelles	FUMURES distribuées à l'hectare en 1880	FUMURES des années précédentes	DÉPENSES d'engrais.	POIDS DE LA RÉCOLTE totale,	POIDS de la paille.	POIDS du grain.	VOLUME du grain à 40 kgs. l'hectolitre.	VALEUR DE LA RÉCOLTE Paille à 9 fr. les 100 k. Grain à 20 fr. les 100 k.	VALEUR de la récolte engrais déduit	PERTE OU GAIN. comparé au témoin.
			fr.	kil.	kil.	kil.	hect.	fr.	fr.	fr.
49	10 000 kil. fumier de ferme..............	10 000 kil. de fumier en 1875, 1876, 1877, 1878, 1879..................	100	7000	5150	1850	46 25	833 50	733 50	—20 50
50	10 000 kil. fumier de ferme..............	10 000 kil. fumier ; 200 kil. superphosph. ; 200 kil. chlorure de potassium en 1875, 1876, 1877, 1878, 1879.	100	7050	5050	2000	50 00	854 50	754 50	+0 50
1	100 kil. azotate de soude.	100 kil. azotate de soude ; 100 kil. superphosphate en 1875, 1876, 1877, 1878, 1879..................	32	5000	3100	1900	47 50	639	607	—147
52	100 kil. azotate de soude, 100 kil. chlorure de potassium............	100 kil. azotate de soude ; 100 kil. superphosphate ; 100 kil. chlorure de potassium en 1875, 1876, 1877, 1878, 1879..........................	68	5100	3500	1600	40 00	635	567	—187
54	1000 kil. engrais d'Amiens..............	100 kil. azotate de soude ; 100 kil. superphosphate en 1875, 1876, 1877, 1878 ; 1000 kil. engrais Souffrice en 1879..........................	150	4475	3125	1350	33 75	551 25	401 25	—352 75
55	1500 kil. engrais d'Amiens....	100 kil. azotate de soude ; 100 kil. superphosphate ; 100 kil. chlorure de potassium en 1875, 1876, 1877, 1878 et 500 kgs. engrais Souffrice en 1879.	225	4975	3475	1500	37 50	612 75	387 75	—366 25
56	100 kil. sulfate d'ammoniaque...........	100 kil. sulfate ammoniaque ; 100 kil. superphosphates en 1875, 1876, 1877, 1878, 1879......................	75	4825	3175	1650	41 25	615 75	540 75	—213 25

NUMÉROS des parcelles	FUMURES distribuées à l'hectare en 1880	FUMURES des années précédentes	DÉPENSES d'engrais	POIDS DE LA RÉCOLTE totale	POIDS de la paille	POIDS du grain	VOLUME du grain à 40 kgs. l'hectolitre	VALEUR DE LA RÉCOLTE paille à 9 fr. les 100 k. grain à 20 fr. les 100 k.	VALEUR de la récolte engrais déduit	PERTE OU GAIN comparé au témoin
	kgs.	kgs.	fcs.	kgs.	kgs.	kgs.	hect.	fcs.	fcs.	fcs.
57	100 kgs. sulfate d'ammoniaque,	100 kgs. sulfate ammoniaque, 100 kgs. superphosphate en 1875, 1876, 1877, 1778, 1879	75	5500	3675	1825	45.60	695.75	620.75	—133.25
58	2000 kgs. engrais d'Amiens	100 kgs. sulfate ammoniaque, 100 kgs. superphosphate, 100 kgs. chlorure de potassium en 1875, 1876, 1877, 1878, 1000 kgs. engrais Coignet en 1879	300	6325	4175	2150	53.75	705.75	405.75	—348.25
59	500 kgs. engrais d'Amiens	100 kgs. sulfate ammoniaque, 100 kgs. superphosphate en 1875, 1876, 1877, 1878, 500 kgs. engrais Coignet en 1879	75	5775	3700	2075	51.90	748	673	— 81
60	Sans engrais	Sans engrais	0	5750	3600	2150	53.75	754	754	0
61	10.000 kgs. fumier en couverture	10.000 kgs, de fumier en couverture en 1878, 1879	100	6400	3700	2700	67.50	873	773	+ 19
62	10.000 kgs. fumier en couverture	10.000 kgs. fumier, 200 kgs. superphosphate, 200 kgs chlorure de potassium en 1878, 1879	100	6275	3650	2625	65.20	853.50	753.50	— 0,50
63	5000 kgs. fumier enterré, 100 kgs. azotate de soude, 100 kgs. chlorure de potassium	100 kgs. superphosphate en 1875, 1876, 1877, 5000 kgs. fumier enterré, 100 kgs. chlorure de potassium, 100 kgs. azotate de soude, 100 kgs. superphosphote en 1878, 1079	118	7250	4350	2900	72.50	981.50	863.50	+199.50
64	5000 kgs. fumier enterré, 200 kgs. azotate de soude	100 kgs. superphosphate, 100 kgs. chlorure de potassium en 1875, 1876, 1877. 5000 kgs. fumier enterré, 200 kgs. azotate de soude en 1878, 1879	114	9150	5850	3300	82.50	1186.50	1072.50	+318.50

riences est tellement fertile qu'il peut porter des récoltes rémunératrices sans exiger de grandes dépenses d'engrais; la récolte vaut en effet 754 francs, ce qui est un chiffre élevé, puisqu'il n'y a rien à en déduire.

L'azotate de soude seul a donné, sur **51**, une récolte un peu plus forte que celle qu'on a obtenue sur **52** où il a été additionné de chlorure de potassium. Un engrais provenant d'une fabrique établie à Amiens, composé à l'aide de matières fécales et de débris d'origine animale, employé pour la première fois sur **54** et **55** n'a pas produit d'effet sensible; les récoltes totales sont de 4000 kilos et de 4050, avec un faible poids de grain de 1350 à 1500 kilos. Sur **58** et **59**, on a encore employé ce même engrais à haute et à faible dose; les récoltes sont un peu meilleures, dans les deux cas, que sur **54** et **55**, mais cependant sensiblement égales comme grain, un peu supérieures comme paille à ce qu'a fourni la parcelle 60, qui n'a pas reçu d'engrais.

Le sulfate d'ammoniaque sur **56**, et **57**, n'a montré aucune efficacité.

Les récoltes de toutes ces parcelles sont donc médiocres, et il est curieux de voir qu'à l'exception de **58**, qui a reçu une très forte dose d'engrais d'Amiens, et qui donne un poids de grain un peu supérieur à la parcelle sans engrais et 675 kilos de paille de plus, sans que cependant cette faible supériorité soit la somme déboursée pour l'acquisition de l'engrais, toutes les parcelles qui ont reçu autre chose que du fumier additionné ou non d'engrais salins donnent des rendements plus faibles que **60**.

On pourrait être étonné de ces résultats, si les tableaux météorologiques insérés plus haut ne nous dévoilaient un caractère tout particulier de la saison de 1880, c'est la sécheresse exceptionnelle du mois de mai; or les engrais salins employés sur les diverses parcelles, dissouts dans une faible quantité d'eau, ont sans doute exercé une action fâcheuse qui ne s'est pas manifestée au même degré pour les parcelles qui ont reçu du fumier, qui maintient toujours dans le sol une plus forte dose d'humidité. On sait que les années humides sont celles qui fournissent les plus fortes récoltes de paille; or les parcelles qui ont reçu le fumier enterré en 1880 donnent des poids de paille dépassant trois fois sur quatre 5000 kilos, chiffre supérieur à celui des autres parcelles. **63** a reçu, il est vrai, 5000 kilos de fumier et n'a donné que 4350 kilos de paille, mais il

a reçu en outre 100 kilos d'azotate de soude et 100 kilos de chlorure de potassium, et il est possible que ce dernier sel se soit trouvé aussi en dissolution assez concentrée pour nuire dans une certaine mesure au développement de la plante.

En résumé, la moyenne des quinze parcelles est, en 1880, un peu supérieure à 6000 kilos, renfermant 2100 kilos de grain et 3999 kilos de paille, ce qui est inférieur, comme paille, à la moyenne générale d'une quantité assez forte, mais bien analogue au poids 2268 kilos qui représente la récolte de grain pendant les cinq années précédentes.

ÉTUDE DES SCORIES PHOSPHATÉES

OBTENUES

DANS LE PROCÉDÉ DE DÉPHOSPHORATION DE LA FONTE

Par M. A. MILLOT,

Ingénieur, Professeur à l'École de Grignon.

Le procédé de déphosphoration des fontes de MM. Thomas et Christis va être appliqué sur une très grande échelle au traitement des fontes phosphoreuses de la Moselle. Les premiers essais tentés en France ont été exécutés à l'usine du Creusot avec des fontes d'Hayange. Ce procédé consiste dans le traitement de la fonte au convertisseur Bessemer, avec addition de Spiegel, par de la chaux caustique pendant le sursoufflage. On obtient ainsi de l'acier débarrassé du phosphore qui reste dans la scorie alcaline. Pour effectuer cette opération, il faut employer des convertisseurs revêtus intérieurement d'une chemise en dolomie calcinée, seule matière qui ait pu, jusqu'à présent, résister à ces fondants alcalins.

Les fontes de la Moselle contiennent généralement 1 pour 100 de phosphore, et la quantité de scorie obtenue est approximativement de 20 pour 100 du poids de la fonte traitée.

Des essais exécutés au laboratoire du Creusot ont indiqué, pour ces scories, une teneur en acide phosphorique de 12 à 18 pour 100.

On va donc produire aux usines d'Hayange, en Alsace-Lorraine, et à l'usine de Joeff, en Lorraine, où ces procédés vont être appli-

qués sur une très importante fabrication, une quantité considérable de produits phosphatés, et il est du plus haut intérêt de chercher quel parti l'agriculture peut tirer de ces résidus.

Ces scories étant très calcaires se delitent paraît-il à l'air, au bout d'un certain temps, et tombent en poussière, ce qui supprimerait les opérations de broyage.

J'ai reçu du Creusot un échantillon de scories provenant du traitement de la fonte d'Hayange, après addition de Spiegel et sursoufflage.

La composition centésimale de ce produit est la suivante :

Acide phosphorique..........	17,90
Chaux....................	58,50
Silice....................	10,35
Fer......................	12,60
Manganèse.................	0,30
	99,65

La matière renferme des grains d'acier métalliques, et, sur les 10,65 de fer, 7,70 sont au minimum d'oxydation ou à l'état métallique, et 4,90 au maximum.

J'ai cherché quelle était la solubilité de ce produit dans les différents réactifs employés habituellement dans les essais de phosphates, tels que le citrate, l'oxalate d'ammoniaque et l'acide acétique.

1 gramme de scorie a été broyé dans un mortier avec 60 centi~~grammes~~ de citrate d'ammoniaque ammoniacal; au bout de vingt-quatre heures on a filtré et dosé l'acide phosphorique dissous.

On a trouvé :

Acide phosphorique.......... 4,40 pour 100.

On sait, que dans ces conditions, les coprolithes des Ardennes ne cèdent que des traces d'acide phosphorique.

1 gramme a été traité ensuite par 2 grammes d'oxalate d'ammoniaque à l'ébullition, pendant deux heures, avec 200 centigrammes d'eau, en remplaçant l'eau évaporée.

On a trouvé, dans la liqueur filtrée :

Acide phosphorique.......... 4,40 pour 100.

C'est donc le même produit qui se dissout dans le citrate et l'oxalate, et le résidu semble difficilement attaquable; comme il y a dans

la matière un grand excès de chaux, et que la température atteinte pendant la fabrication est une des plus hautes que l'on puisse obtenir, on se trouve vraisemblablement en présence du phosphate tribasique de chaux calciné qui constitue la partie insoluble dans les réactifs précédents.

Les coprolithes des Ardennes et les phosphorites du Lot, traités par l'oxalate d'ammoniaque dans les conditions indiquées plus haut, donnent de 4 à 6 pour 100 d'acide phosphorique dissout.

1 gramme de matière a été traité ensuite par 50 centi~~grammes~~ mètres cubes d'acide acétique à 8 degrés étendu d'eau et filtré au bout de vingt-quatre heures.

On a trouvé :

Acide phosphorique soluble dans l'acide acétique..... 1,44 pour 100.

Les coprolithes des Ardennes ne cèdent, dans ce cas, qu'une quantité très faible d'acide phosphorique.

On ne peut pas conclure de ce dosage que l'acide phosphorique dissous dans l'acide acétique se trouve à l'état de phosphate de protoxyde; en effet, dans cette expérience, l'acide acétique dissous du fer et les phosphates de sesquioxyde de fer sont solubles dans l'acétate de fer; on ne peut donc pas affirmer que l'on ait dissous le phosphate de chaux, et il restait à chercher avec quelle base l'acide phosphorique était uni. Pour y réussir, on a dosé le fer soluble dans la solution obtenue à l'aide du citrate d'ammoniaque.

On a trouvé :

Fer........................ 5,055 pour 100.

Ce qui, comparé à la quantité d'acide phosphorique en solution, 4,40 pour 100, correspond à la formule du phosphate de fer :

$$2PO^5, 3Fe^2O^3.$$

La matière, ayant été chauffée à une température très élevée, ce produit se trouve à l'état de phosphate anhydre. Ce résultat est intéressant, car jusqu'à présent, on ignorait que les phosphates de fer calcinés fussent solubles dans le citrate d'ammoniaque.

Pour m'assurer qu'ils possèdent bien cette propriété, j'ai calciné le phosphate

$$2PO^5, 3Fe^2O^3, 8HO,$$

que l'on obtient en précipitant une solution de phosphate de fer dans l'acide chlorhydrique par l'ammoniaque. Ce phosphate, dessé-

ché à 100 degrés, est à peu près complètement insoluble dans le citrate d'ammoniaque.

Le phosphate anhydre $2PO^5, 3Fe^2O^3$ a été traité par le citrate d'ammoniaque pendant une heure. La quantité d'acide phosphorique dissoute est très faible, mais elle augmente avec le temps de la digestion et, en vingt-quatre heures, la dissolution est presque complète; c'est précisement ce qu'on avait observé avec les scories de déphosphoration.

Nous nous trouvons donc en présence d'une matière phosphatée ayant la teneur moyenne des coprolithes des Ardennes en acide phosphorique, et une solubilité bien plus grande dans les réactifs qui servent à estimer la valeur de l'acide phosphorique.

Il est donc probable que partout où les coprolithes peuvent être employés directement, c'est-à-dire dans les terrains acides de Bretagne, de Sologne, dans les défrichements, le nouveau produit pourra être employé avec avantage, et il est bien désirable que des essais de culture soient tentés dans ce sens.

M. de Wendel pense arriver à doubler la teneur en acide phosphorique de cette matière en scindant le traitement en deux opérations : en faisant un premier traitement au manganèse, en présence d'une scorie acide pour enlever le silicium et décantant l'acier dans un autre convertisseur où se ferait le traitement basique de déphosphoration. La quantité de scorie phosphatée serait donc réduite de moitié, et la teneur en acide phosphorique du produit serait doublée.

TRAVAUX PUBLIÉS A L'ÉTRANGER

De l'influence de la direction et de l'intensité de l'éclairage sur les mouvements de la chlorophylle dans les végétaux.

PAR M. E. STAHL[1].

On sait que la position des grains de chlorophylle dans la cellule dépend de l'éclairage. Malgré les travaux de M. Borodin, qui n'ont pas été appréciés à leur juste valeur, l'auteur reprend cette question importante et s'étend également sur les changements de forme

1. Ueber den Einfluss von Richtung und Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungserscheinungen im Pflanzenreiche. Bot. Zeit. 1880.

du grain lui-même, observés pour la première fois par M. Micheli, et sur l'influence de la direction des rayons lumineux.

Ce travail se divise en plusieurs paragraphes dont il conviendra de rendre compte isolément.

1° *Effet de la lumière d'intensité variable sur l'appareil chlorophyllien de quelques algues.*

Les expériences ont porté sur un *Mesocarpus*, algue filamenteuse fréquente dans les fossés pleins d'eau et dont chaque cellule renferme un ruban de chlorophylle qui parcourt toute sa longueur apparaissant tantôt, lorsqu'il est vu de champ, comme un mince filet vert, tantôt, quand il présente sa face, comme une large plaque qui remplit toute la cavité cellulaire.

Ces filaments étaient étendus horizontalement sur le porte-objet du microscope, et recevaient d'une fenêtre la lumière diffuse formant avec l'horizon un angle de 30 à 40 degrés. Dans ces conditions les rubans chlorophylliens se plaçaient perpendiculairement au rayon incident. Si on écarte tous les rayons sauf ceux qui arrivent parallèlement au porte-objet, les rubans se placent suivant la verticale en présentant la tranche à l'observateur. Si, au contraire, on n'admet que les rayons arrivant verticalement de bas en haut, on transforme l'image de profil en une image de face. Il est donc bien évident que le ruban chlorophyllien du *Mesocarpus* tend à se placer perpendiculairement à la direction de la lumière diffuse.

Les rayons solaires agissent tout différemment. Le soleil étant à l'horizon, l'auteur place les filaments de l'algue dans une petite auge en verre dont une moitié est directement éclairée par le soleil tandis que l'autre ne reçoit que la lumière mitigée par des écrans convenablement disposés. Dans le premier cas les rubans se placent horizontalement, dans le second ils présentent leurs faces aux rayons lumineux. Il est donc bien démontré que les rubans s'orientent dans le sens des rayons lumineux intenses.

2° *La pesanteur est sans influence sur la position des plaques chlorophylliennes.*

Les plaques vertes du *Mesocarpus* ayant pris une position horizontale sous l'influence des rayons diffus venant du miroir, tout le microscope a été recouvert d'une coiffe noire. Au bout de quatre heures la position des rubans n'avait pas changé. Le même résultat négatif est obtenu quand on opère sur les rubans placés verticalement.

La pesanteur n'est donc pas, comme on aurait pu le croire, un agent antagoniste de la lumière.

Les végétaux qui possèdent, à l'instar du *Mesocarpus*, un corps chlorophyllien d'une forme définie et aplatie, sont relativement très rares. Ordinairement la matière verte est liée à des grains qui sont empâtés dans le plasma pariétal. Tel est le cas, par exemple, pour les Vaucheries. Lorsqu'on fait tomber sur une de ces algues des rayons perpendiculaires aux filaments, on trouve, au bout de quelque temps, tous les grains verts placés en conjonction et en opposition avec la source lumineuse, tandis que les parties latérales deviennent incolores. Arrive-t-on à changer la direction des rayons lumineux, les quatre bandes vertes ou incolores reprennent une autre position d'équilibre analogue à la première. Ici, comme pour le *Mesocarpus*, la lumière solaire directe, produit l'effet contraire, c'est-à-dire que les bandes vertes correspondent aux parties les moins éclairées.

L'insolation prolongée de ces filaments provoque encore un autre changement; en effet les bandes vertes se dissocient bientôt, se résolvent en un certain nombre de masses distinctes composées des grains de chlorophylle entassés les uns sur les autres, phénomène que M. De Bary a déjà décrit pour l'*Acetabularia mediterranea* [1].

3° *Migrations de la chlorophylle dans les cellules réunies en un tissu*. Les choses sont naturellement bien plus compliquées dans les cellules réunies en un tissu. Là les grains de chlorophylle n'occupent en général que certaines parties de la paroi, et leur position, au lieu de dépendre uniquement de la lumière, subit l'influence des cellules voisines. C'est cependant dans ces plantes élevées que le phénomène a été découvert d'abord par M. Bœhm [2], puis décrit par MM. Famintzin [3], Frank [4] et Borodin [5]. M. Famintzin a étudié les mouvements de la matière verte dans les cellules d'une famille de mousse (*Mnium*); ses observations furent bientôt confirmées

1. De Bary et Straburger : Acetabularia mediterranea. Bot. Zeit. 1877.

2. Beiträge zur näheren Kenntniss des Chlorophylls Sitzungsb. der Wiener Akad. 1857.

3. Ann. d. sc. nat., 5e s., t. VII.

4. Ueber die Veræenderung der Lage der Chlorophyll körner und des Protoplasmas in der Zelle. Pringsheim's Jahrb. VII, 1872.

5. Ueber die Wirkung des Lichts auf einige höhere Kryptogamen. Bull. de l'Acad. mpér. des sc. Saint-Pétersbourg, 1868.

et étendues par M. Borodin. Dans les conditions ordinaires, les grains de chlorophylle de ces plantes occupent exclusivement la face externe des cellules. Lorsqu'on expose la plante à l'obscurité, les grains vont se ranger le long des parois latérales; le retour de la lumière ramène la première position, et ainsi de suite. MM. Famintzin et Borodin donnent à la première de ces positions le nom de « diurne », tandis que l'autre s'appelle la position « nocturne ».

Quant à la rapidité avec laquelle tous ces changements s'accomplissent, elle est très variable suivant les espèces et même suivant les individus. La plante la plus sensible paraît être le *Funaria hygrometrica*, qui présenta la position nocturne après un séjour d'une heure à l'obscurité; le *Lemna trisulca* exige environ vingt-quatre heures; l'*Elodea canadensis*, dix semaines. Le retour à la position diurne s'effectue, au contraire, beaucoup plus rapidement. Il est donc bien évident que dans la grande majorité des plantes ces migrations ne sauraient se produire à l'état normal et que les dénominations de positions diurne et nocturne n'ont pas de raison d'être. Les recherches de M. Frank[1] ont montré du reste que les mêmes déplacements des grains de chlorophylle sont, dans quelques cas, provoqués par des causes bien différentes, telles que lésions traumatiques, température excessive, diminution de l'eau intracellulaire, privation d'oxygène, etc.

M. Frank définit les deux positions de la chlorophylle d'une manière différente de celle de MM. Famintzin et Borodin. Dans l'une, *épistrophe*, correspondant à la position diurne des observateurs russes, les grains occupent les faces des parois qui délimitent les cellules, soit vers l'extérieur, soit vers les méats intercellulaires; dans l'autre, *apostrophe*, ce sont au contraire les parois communes à deux cellules contiguës qui sont recouvertes par la chlorophylle. L'épistrophe coïncide avec la vie normale et vigoureuse; l'apostrophe est un signe de faiblesse, de débilité, ou encore de sénilité, car la jeune cellule, avec ses granules chlorophylliens d'abord uniformément distribués, passe ensuite par l'épistrophe pour finir par une apostrophe irrévocable.

Les faits avancés par M. Frank se réalisent sans doute dans un grand nombre de cas, mais cette règle ne saurait élever aucune prétention à l'infaillibilité. Dans les feuilles d'*Elodea*, composées

1. *Loc. cit.*, p. 289 et suivantes.

de deux assises de cellules avec méats intercellulaires, la chlorophylle occupe toutes les cloisons parallèles à la surface de la feuille, en regard des méats aussi bien qu'en face des cellules contiguës. Une exception analogue s'observe dans le *Lemna trisulca*, mais il faut dire que, dans ces deux exemples, les méats intercellulaires n'acquièrent qu'un bien faible développement et que, dans le cas de méats très spacieux, la règle de M. Frank trouve généralement son application.

4° *Influence de la lumière intense.*

Lorsqu'on observe les changements produits par l'insolation directe sur le parenchyme du *Lemna trisulca*, on trouve que la chlorophylle quitte les parois parallèles à la surface pour recouvrir les parois latérales et, après une insolation prolongée, pour s'amasser en tas dans les angles des cellules. On voit que la position de la cholorophylle au soleil est la même qu'à l'obscurité ; et, en effet, M. Borodin a réussi à transporter une feuille de *Funaria* de l'obscurité au soleil sans provoquer aucun changement dans la distribution de la matière verte.

Il n'en est cependant pas toujours ainsi ; en effet, dans le *Lemna* et dans le *Marchantia*, la position « de profil, avec ses grains disposés sur les parois latérales, diffère de la véritable « apostrophe » en ce que les parois intérieures, parallèles à la surface, sont dénuées de chlorophylle [1]. C'est pour ainsi dire par accident que ces deux positions peuvent se ressembler ; mais l'une, provoquée par l'éclairage intense, est amenée par la faculté des grains de chlorophylle de se placer de telle manière qu'ils ne se présentent que de profil à la source lumineuse, tandis que dans l'autre, les grains vont occuper les cloisons communes à deux cellules voisines. Dans la première, la direction des rayons lumineux exerce une action manifeste ; dans la seconde, les mouvements ne semblent être déterminés que par les rapports anatomiques des cellules entre elles.

Les mouvements qui viennent d'être décrits peuvent être observés dans un grand nombre de plantes d'une structure très compliquée. M. Borodin avait déjà observé ces phénomènes dans plusieurs plantes phanérogames submergées. Parmi celles-ci l'*Elodea canadensis* est particulièrement sensible ; lorsqu'on l'expose au soleil, ses grains

1. Cette différence étant difficile à bien faire comprendre sans figure, nous sommes obligés de renvoyer le lecteur à la planche qui accompagne le mémoire original. *L. c.* planche VI, fig. 1 *b.* et 1 *c.*

de chlorophylle se réunissent en une sorte de pelote sur un point quelconque de la paroi cellulaire [1]. Un examen attentif de cette pelote montre que les grains qui en occupent la superficie, présentent la tranche à l'extérieur. Le phénomène décrit dans cette plante, qui semblait faire exception à la règle générale, s'explique par sa sensibilité tellement grande que la position de profil ordinaire est instable et ne peut être observée que bien rarement.

Pour étudier les migrations analogues dans les feuilles aériennes que les méats intercellulaires remplis d'air rendent opaques, M. Borodin les injecte d'eau à l'aide de la machine pneumatique et montre que cette opération n'altère pas immédiatement les déplacements normaux de la chlorophylle. L'auteur de ce mémoire préfère exposer les feuilles intactes à l'action du soleil et fixer ensuite le protoplasma par l'immersion dans l'alcool assez dilué pour qu'il ne se contracte pas sensiblement.

Les deux assises inférieures du mésophylle de l'*Oxalis acetosella* sont composées de cellules étoilées horizontales. A la lumière diffuse, les grains de chlorophylle occupent les deux parois horizontales; au soleil, ils se rangent sur les parois latérales ou verticales pour s'accumuler au bout d'une heure environ au fond des branches de l'*étoile*.

Le grain unique des cellules épidermiques du *Selaginella Martensii*, décrit par M. Prillieux [2], se comporte à peu près de la même manière. Dans les plantes grasses, telles que les *Sedum* et les *Sempervirum* [3], les grains, éparpillés normalement sur les faces latérales, se réunissent en tas lorsqu'on soumet la plante à une forte insolation.

6° *Influence de la direction des rayons lumineux sur la distribution des grains de chlorophylle dans les cellules réunies en un tissu.*

Les expériences faites sur des prothalles du *Ceratopteris* et sur les feuilles du *Funaria*, montrent que les grains se placent sur les faces perpendiculaires à la direction des rayons diffus, et se partagent par conséquent en deux groupes, dont l'un semble rechercher la lumière tandis que l'autre semble la fuir. Ces grains ne possèdent cependant aucun pouvoir spécifique photophile ou photophobe, car

1. C. r. t. LXXVIII. 1874.
2. Voyez *Frank*, *l. c.*, p. 303, et *Prillieux*. C. r., t. LXXVIII, p. 750.
3. Voyez Bœhm, *l. c.*

chacun d'eux peut cheminer indifféremment vers la lumière ou s'en éloigner, en prenant la position la plus rapprochée. C'est ce que l'on voit très nettement lorsqu'on vient à substituer un rayon incident horizontal à un rayon vertical.

Il n'existe pas de différence réelle (comme le veut M. Franck) entre l'action de la lumière comme telle et celle de la lumière considérée seulement au point de vue de sa direction. La position diurne n'est qu'un cas particulier de la règle générale suivante : les grains de matière verte occupent les parois perpendiculaires à la direction de la lumière diffuse.

On obtient le même résultat, *mutatis mutandis*, en remplaçant la lumière diffuse par les rayons solaires.

7° Changements de forme des grains de chlorophylle sous l'influence de la lumière.

M. Micheli[1], le premier, a observé les changements de la forme des grains de chlorophylle dans les feuilles du *Ceratodon purpureus;* il a prouvé qu'à la suite de l'insolation les grains de chlorophylle se contractent et que les espaces qui les séparent deviennent plus larges.

Il se trouve que cette propriété des grains est tout à fait générale et peut être démontrée dans un grand nombre de plantes. C'est surtout dans les cellules en palissades, où les mouvements qui viennent d'être décrits sont impossibles en raison de la grande longueur de ces éléments, que ces changements de forme acquièrent une grande importance. Quel que soit l'éclairage, la chlorophylle est disposée le long des grandes parois verticales de ces cellules; elle occupe donc constamment la position de nuit. Il faut dire que les plantes dans lesquelles cette forme du tissu assimilateur est bien développée, croissent dans des endroits ensoleillés; le parenchyme en palissades exposé directement au soleil est un tissu adapté à un éclairage violent, tandis que le parenchyme étoilé de la face inférieure des feuilles, placé à l'ombre du premier, est adapté à un éclairage plus faible. A la lumière diffuse chaque grain a la forme d'une demi-sphère appliquée à plat sur la paroi; vu de face, il présente un contour circulaire ou obscurément polygonal; au soleil, il se dilate, s'aplatit, s'efface pour ainsi dire; son contour devient

1. *Micheli.* Quelques observations sur la matière colorante de la chlorophylle. Archives des sciences de la bibliothèque universelle de Genève, t. XXIX, 1867.

franchement polygonal, les espaces qui séparent les grains apparaissent comme un réseau polygonal incolore.

8° *Changements de place des grains de chlorophylle dans les cellules en palissades.*

Beaucoup moins étendus que dans les autres cellules, ces mouvements existent néanmoins et dépendent évidemment de la direction des rayons lumineux ainsi que le prouve l'expérience suivante : Des feuilles de Fuchsia sont exposées au soleil, les unes perpendiculairement aux rayons lumineux, les autres sous un angle de 45 degrés. Dans les premières, la chlorophylle formait au bout de quelque temps un revêtement uniforme sur les parois latérales; dans les secondes, au contraire, les grains s'étaient amassés d'un seul côté, formant sur la coupe superficielle des croissants qui tournaient leur convexité vers le soleil; cette disposition ne s'observait cependant que dans la partie supérieure des cellules, qui est placée immédiatement au-dessous de l'épiderme. Souvent on trouve également le plasma chargé de chlorophylle entassé au fond des cellules en palissades.

9° *Pâlissement des feuilles au soleil.*

Marquart a appelé l'attention sur le pâlissement de certaines feuilles exposées au soleil, et M. Borodin attribue ce résultat à la position que prennent les grains de chlorophylle à la lumière solaire. M. Micheli cherche au contraire à l'expliquer par les changements de la forme des grains. Les deux causes interviennent sans aucun doute dans la production de ce phénomène, mais la plus grande part revient évidemment aux déplacements des grains.

10° *Signification biologique du déplacement des grains de chlorophylle.* —M. Boehm voit dans ces divers mouvements un moyen de protection de la matière verte contre l'action décomposante des rayons lumineux trop intenses. M. Pringsheim [1] a émis une nouvelle théorie dans laquelle la matière sert de protecteur au protoplasma. Cette théorie ne saurait concorder avec ces expériences. Les grains s'effacent en effet au soleil, et enlèvent au protoplasma l'enduit protecteur dont il aurait le plus besoin au même moment. Il est difficile de donner à présent une réponse satisfaisante à cette question; cependant il serait peut-être permis de penser que la

1. *Pringsheim*. Ueber Lichtwirkung und Chlorophyllfunction in der Pflanze. Monatsbe der Kön. Acad. Berlin, 1879.

plante possède dans ces déplacements et ces changements de forme un régulateur de l'assimilation, destiné à empêcher une trop grande accumulation de produits assimilés [1].

L'auteur termine son mémoire par une étude du mouvement dans les Desmidiées, et des zoospores, que nous croyons pouvoir omettre ici en raison de l'intérêt trop secondaire que ces organismes présentent au point de vue de la physiologie appliquée à l'agriculture.

De l'influence de l'intensité lumineuse sur la structure du parenchyme assimilateur.

PAR M. STAHL.

Les feuilles tendres des plantes qui croissent à l'ombre, telles que l'*Oxalis acetosella*, le *Mercurialis perennis*, le *Dentaria bulbifera*, etc., sont composées en grande partie de cellules étalées parallèlement aux faces de la feuille; c'est à peine si l'assise supérieure présente une légère indication de la forme des palissades; le contraire s'observe dans les espèces héliophiles, à feuilles épaisses, coriaces, dans lesquelles le parenchyme spongieux est très réduit et qui consistent surtout en parenchyme en palissades. Tous les intermédiaires se rencontrent dans les plantes dont les habitudes sont moins extrêmes. C'est dans la structure de la feuille qu'il faut chercher les causes pour lesquelles certaines plantes ne prospèrent que dans des conditions d'éclairage déterminées, et c'est grâce à la variabilité, à la plasticité de cette structure, que certains végétaux s'accommodent de conditions d'éclairage très variées.

Les plantes qui aiment l'ombre, telles que l'*Oxalis acetosella*, l'*Epilobium alpinum*, ne changent que très peu la structure du limbe lorsqu'on les oblige à vivre en plein soleil, mais elles y végètent mal et y périssent même très souvent. Les feuilles de nos essences forestières offrent un exemple contraire. On distingue à première vue les feuilles du hêtre poussées à l'ombre de celles qui se sont développées au soleil; les premières sont plus grandes, plus minces et consistent presque entièrement en parenchyme plat étoilé;

1. Ce n'est qu'après la publication de ce mémoire qu'a paru un mémoire de M. Famintzin sur l'optimum d'éclairage dans l'assimilation du carbone. (Voy. *Annales des sc. nat.*, 6e s. t. X.) M. Famintzin indique la relation qui doit exister entre cet optimum et les mouvements décrits par M. Stahl.

les secondes, plus fortes, ne présentent au contraire que du parenchyme en palissades.

Des différences semblables ont été trouvées dans une foule d'autres plantes. Parmi les herbes, l'auteur cite particulièrement le *Lactuca Scariola*, dont les pétioles se tordent légèrement lorsque la plante croît au soleil, de manière à placer les limbes dans un plan vertical. Ces feuilles sont exclusivement formées de parenchyme en palissades; développée à la lumière diffuse, la même espèce étend horizontalement ses feuilles, dans lesquelles on ne trouve souvent que du parenchyme spongieux à cellules plates.

De la composition chimique du protoplasma de l'Æthalium septicum (Note préliminaire par M. J. Reinke[1]).

Jusqu'ici on a considéré le protoplasma comme une simple matière albuminoïde vivante renfermant des corpuscules étrangers. M. Reinke a soumis à l'analyse chimique immédiate le plasmodium d'un mycomycète bien connu, l'*Æthalium*, qui se distingue de ses congénères par des dimensions telles qu'il est possible de réunir des kilogrammes de matière. Dans cette masse gélatineuse l'analyse a décélé la présence des corps suivants :

La plastine, matière albuminoïde insoluble, voisine de la fibrine, qui forme, pour ainsi dire, le squelette du plasmodium et qui peut en être séparé par la pression;

La vitelline, la myosine, le peptone, le peptonoïde, la pepsine, la nucléine, la lécithine, la guanine, la sarcine, la xanthine, le carbonate d'ammoniaque;

La paracholestérine, la cholestérine (traces), la résine d'æthalium, une matière colorante jaune, le glycogène, un sucre non réducteur, les acides oléique, stéarique, palmitique, butyrique (traces), l'acide carbonique, des glycérides gras, des paracholestérides gras; le stéarate, le palmitate, l'oléate, l'oxalate, l'acétate, le formiate, le phosphate, le carbonate et le sulfate de chaux; la magnésie (probablement à l'état de phosphate), le phosphate de potasse, le chlorure de sodium, le fer — combinaison inconnue, — de l'eau.

1. Ueber die Zusammensetzung des Protoplasma von *Æthalium septicum*. *Botan. Zeitung*, 1880, Col. 815.

La somme des matières albuminoïdes monte à peine à 30 p. 100 de matières sèches.

Le protoplasma même des organismes inférieurs est donc un mélange extrêmement compliqué.

Ce mémoire paraîtra *in extenso* dans les travaux du laboratoire de botanique de l'Université de Gœttingue.

Exploitation d'une terre pendant trente-huit ans sans employer le fumier de ferme.

PAR STRECKER.

La ferme Wingendorf, en Saxe, n'est fumée, depuis 1840, qu'avec des engrais commerciaux. La ferme Braunsdorf, située à côté, sur un sol de même nature, reçoit du fumier d'étable.

On récolta pendant 1873-1877, année moyenne, par hectare, à

	Braunsdorf.	Wingendorf.
Blé........................	1.909 kilog.	1.955.5 kilog.
Avoine.....................	1.795 »	1.805.5 »
Pommes de terre...........	199.54 hectol.	152.27 hectol.

Les céréales ont donc mieux réussi avec les engrais commerciaux, tandis que les pommes de terre ont donné un plus fort rendement avec le fumier.

Le lin et le trèfle ont complètement manqué à Wingendorf depuis plusieurs années.

Le trèfle n'a cependant pas été trop souvent semé. Ainsi à Braunsdorf on peut le cultiver avec un résultat assuré deux fois tous les 13 ans; à Wingendorf, il ne vient plus, même après un intervalle de 8 ans avec d'autres cultures. La semence lève bien, mais donne à peine 20 p. 100 d'une récolte ordinaire.

Le Gérant G. Masson.

PARIS. — IMPRIMERIE ÉMILE MARTINET, RUE MIGNON, 2.

RECHERCHES SUR LA MATURATION

DE QUELQUES PLANTES HERBACÉES

PAR MM.

P. P. DEHÉRAIN

Professeur au Muséum d'histoire naturelle

ET

E. BRÉAL

Ancien élève de l'École centrale ; Préparateur au Muséum d'histoire naturelle.

---

§ I.

La maturation des plantes herbacées est-elle accompagnée d'une perte de matière sèche ? — Historique. — Nécessité de nouvelles recherches.

Il semble qu'on ait remarqué depuis longtemps que la dessiccation, qui se produit au moment de la maturation des plantes herbacées, est souvent accompagnée d'une perte de matière sèche. Cette opinion était assez répandue il y a quarante ans, pour que M. Boussingault la discutât dans la première édition de son *Économie rurale*. Ses observations, peu nombreuses, le conduisirent à conclure que de la floraison à la maturation, le froment et les fèves avaient augmenté de poids, mais les prises d'échantillons ne furent pas assez multipliées pour résoudre la question d'une façon complète.

Dans les travaux de M. Isidore Pierre sur le développement du colza et du blé, qui remontent à une vingtaine d'années, l'arrêt de développement qui se produit pendant la maturation est nettement indiqué, l'auteur constate même une perte de poids assez sensible pendant les dernières semaines ; elle porte sur les matières azotées, sur les matières minérales, aussi bien que sur les substances carbonées ; ces pertes, toutefois, ne paraissent pas avoir attiré l'attention de M. Isidore Pierre, qui ne les discute pas ; s'il observe avec beaucoup de justesse que la maturation amène un arrêt dans la végétation, que la vie de la plante, pendant cette période, est tout intérieure, il ne cherche pas à déterminer à quelles causes doit

être rapportée la faible diminution de matière sèche qu'il a vu se manifester au moment de la récolte.

On conçoit que l'éminent agronome de Caen ait pu considérer ces pertes comme fortuites : la méthode qu'on emploie forcément pour suivre le développement d'une plante annuelle présente, en effet, trop d'incertitude pour qu'on puisse tirer des conséquences précises des différences qui ne se traduisent pas par des chiffres assez forts. On ne peut procéder dans ces observations qu'en pesant toute la récolte développée sur une surface déterminée, ou bien en pesant un certain nombre de pieds : dans le premier cas, on a toujours à craindre que toutes les parties du champ sur lequel on prélève successivement les échantillons ne soient pas semblables, que les plantes y soient inégalement serrées ; dans le second, que les plantes étudiées présentent des différences individuelles susceptibles encore d'induire en erreur ; on conçoit donc que les pertes peu considérables de matière sèche observées par M. Isidore Pierre n'aient pas été complètement discutées dans ses importants mémoires.

MM. Marié-Davy et Albert Lewy ont inséré plus récemment dans *l'Annuaire de l'Observatoire de Montsouris* leurs observations sur le développement du blé, et c'est à eux qu'on doit d'avoir appelé de nouveau l'attention sur cette question, aussi importante pour le physiologiste que pour l'agronome, en insistant à plusieurs reprises sur la diminution de poids que présentait la récolte pendant les semaines qui précèdent la moisson.

Enfin, dans les recherches qui ont été exécutées à Grignon pendant plusieurs années sur le développement de l'avoine, la diminution de récolte pendant le mois de juillet a été parfois énorme, parfois très faible, de telle sorte que le phénomène ne nous a pas paru présenter le caractère de généralité que lui attribuaient MM. Marié-Davy et Albert Lewy.

Il faut bien remarquer, au reste, que les plantes de grande culture sur lesquelles ont uniquement porté les observations, se prêtent mal à ce genre d'investigation ; dans ces espèces, en effet, la maturation coïncide avec l'épuisement de la plante ; quand le blé, l'avoine ou le colza ont mûri leurs graines, ils ont jauni, ils ont perdu des feuilles ; en outre, si la moisson est tardive, les graines s'échappent, les pertes doivent être, dès lors, plutôt attribuées à l'affaiblissement général qui précède la mort qu'à la maturation elle-même

Pour élucider complètement la question et savoir si la maturation occasionne réellement une diminution dans le poids de la matière sèche, il nous a paru que de nouvelles recherches devaient être exécutées.

Elles devaient présenter d'autant plus d'intérêt que si nous pouvions constater que, dans certaines espèces, la maturation précède le dépérissement final et est cependant accompagnée d'une diminution dans le poids de la plante, constaté après dessiccation complète, elles apporteraient une nouvelle preuve à l'appui des idées actuellement admises sur le phénomène de maturation des plantes herbacées. Pour M. Isidore Pierre, pour M. Corenwinder, pour nous-même, la maturation consiste essentiellement dans le transport des principes élaborés des feuilles aux ovules fécondés. Si nous pouvons constater que cette migration se traduit par une diminution de poids de la plante elle-même, nous aurons fait voir combien est puissante la force qui entraîne vers les ovules les principes contenus dans les cellules à chlorophylle, puisque ces cellules, après leur départ, cessent de fonctionner et ne réussissent plus à accroître la masse de la plante elle-même.

Nous avons pensé, en outre, qu'en faisant porter les observations sur des plantes variées, nous pourrions arriver à préciser la distinction qui nous paraît devoir être faite entre deux phénomènes jusqu'à présent confondus: l'affaiblissement dû à la maturation et le dépérissement qui précède la mort.

§ II.

Méthode de recherche. — Semis, récolte et pesée des espèces cultivées. — Détermination du poids de la plante entière, de la racine, de la tige, à l'état normal et après dessiccation. — Dosage des cendres, de l'azote.

Le choix des plantes cultivées fut décidé d'après les conseils de M. Decaisne, à qui nous avons demandé de nous indiquer des espèces annuelles très chargées de fleurs, puis de graines, pensant qu'elles nous permettraient d'observer plus facilement les phénomènes qui faisaient l'objet de nos études. Les graines furent semées en ligne dans le jardin du laboratoire, en assez grand nombre pour qu'on pût prendre des échantillons à cinq ou six reprises différentes.

La plus grande difficulté que présentait notre travail était due à l'irrégularité du développement des plantes prélevées successivement; quelque bien préparé que soit le sol sur lequel on agit, quelque précaution qu'on prenne pour choisir des graines identiques et pour les placer dans les mêmes conditions, il arrive toujours que tous les individus sont loin d'être également vigoureux et de présenter à tous les instants le même poids; on craint toujours que les différences constatées dans les pesées soient dues plutôt à des causes fortuites qu'à une marche régulière de la végétation. Ces inégalités ont été parfois si accusées, que nous avons dû renoncer à tirer parti des observations, c'est ce qui nous est arrivé notamment pour le lupin et le tabac; nous avons eu des nombres tellement divergents, qu'il a été impossible d'en tenir compte.

En général, cependant, nous avons surmonté cette difficulté en prélevant chaque fois un grand nombre de pieds; le chiffre qui exprime le poids d'une plante est ainsi obtenu à l'aide d'une moyenne calculée sur trop d'individus, pour que les causes fortuites exercent une grande influence.

La prise d'échantillon des plantes entières avec leurs racines, présente encore cette difficulté que le chevelu est d'ordinaire très fin, très délié, très cassant; si on se contentait d'arracher les pieds, on obtiendrait des nombres tout à fait fautifs : ce n'est pas ainsi qu'on a procédé; avec une bêche qu'on enfonce profondément, on fait tomber toute une série de plantes en soulevant la terre qui les porte; le tout est porté dans une grande terrine remplie d'eau, la terre s'y désagrège peu à peu, et les racines, séparées sans effort de la terre dans laquelle elles étaient enfoncées, sont débarrassées par une agitation prolongée sous l'eau des dernières traces de terre, on continue les lavages tant que l'eau n'est pas absolument claire, on sèche ensuite les plantes sur du papier buvard, et on procède aux pesées.

Les tiges et les racines séparées les une des autres à l'aide de ciseaux ou de sécateurs sont pesées, on les enveloppe ensuite de plusieurs doubles de papier qu'on maintient avec des liens, les paquets renfermant séparément les tiges et les racines ainsi préparées, sont étiquetés et maintenus dans une grande étuve à gaz pendant plusieurs jours, on pèse enfin les tiges et les racines sèches.

Ces pesées donnent le poids de la plante entière, puis séparément de la tige et de la racine à l'état normal et à l'état sec, d'où l'on dé-

duit le rapport existant entre le poids de la racine et celui de la tige, et l'état d'humidité des organes aériens et souterrains aux diverses phases de la végétation.

Dosage des matières azotées. Les tiges sèches sont grossièrement pulvérisées; on les fait ensuite passer au moulin, de façon à obtenir une poudre bien homogène, on y dose l'azote total à l'aide de la chaux sodée; comme le nombre des dosages à exécuter était considérable (de soixante à quatre-vingts), nous avons essayé d'abréger les opérations en remplaçant pour les combustions, les tubes de verre par un tube en fer sans cesse parcouru par un courant d'hydrogène, on y introduisait des nacelles de platine renfermant la matière mélangée à la chaux sodée ; mais ce mode de dosage qui réussit bien quand on l'applique à la terre arable qui ne renferme que de minimes proportions d'azote (2 p. 1000 en général), ne donne plus de bons résultats quand on cherche à l'utiliser pour des matières qui renferment de 3 à 4 p. 100 d'azote ; il est probable qu'une partie de l'ammoniaque est décomposée par le fer, car nous avons toujours obtenu des nombres inférieurs à ceux que donne le dosage dans des tubes en verre, on a donc dû renoncer à ce mode d'opérer et procéder suivant les errements connus.

Dosage des cendres. —La matière réduite en poudre a été incinérée, pour déterminer la proportion de matières minérales ; à la condition d'opérer à une température peu élevée et d'agir sur une proportion de matière assez restreinte, l'opération ne présente aucune difficulté particulière

Espèces étudiées. Disposition des tableaux. — Les observations ont porté sur les espèces suivantes:

Delphinum Ajacis, *Sinapis nigra*, *Sinapis alba*, *Colinsia bicolor*, *Papaver somniferum*, *Hesperis maritima*, *Convolvulus tricolor*, *Eschscholtzia californica*, *Clarkia elegans*, *Silene pendula*.

Les tableaux qui résument les observations comprennent le poids de la plante entière, de la racine et de la tige à l'état normal, puis après dessiccation, l'humidité des divers organes, le rapport qui existe entre la tige et la racine desséchées. Le dosage de l'azote sur la matière sèche donne sa proportion centésimale et permet de calculer le poids de matière azotée contenu dans la tige entière; il en est de même des dosages des cendres, qui, calculés sur 100 parties de tige sèche, sont ensuite rapportés à la tige entière.

§ III

Première période. — Accroissement de la plante. — Poids considérable de la racine par rapport à la tige. — Proportion notable de matières azotées et de matières minérales que renferment les jeunes tiges.

La première prise d'échantillons a eu lieu, pour presque toutes les espèces, dans le courant du mois de juin, généralement avant que les premières fleurs n'eussent fait leur apparition.

A cette époque, la racine présente par rapport à la tige un poids considérable ; ce rapport a été calculé sur les organes secs ; en général, en faisant la tige égale à 100, le poids de la racine varie entre 11 et 9, il en est ainsi au moins pour les espèces suivantes : *Sinapis nigra*, *Eschscholtzia californica*, *Clarkia elegans*, *Papaver somniferum*, *Hesperis maritima ;* dans une des espèces, cependant, le *Colinsia bicolor*, le poids relatif de la racine est beaucoup plus élevé, il atteint 33,6 ; dans d'autres espèces, au contraire, *Delphinum Ajacis* et *Silene pendula*, la racine ne pèse que 8,2 et 7,5, la tige étant 100 ; enfin dans le *Convolvulus tricolor*, dont le premier échantillon a été pris un peu tardivement, le 9 juillet, le rapport est seulement de 3,9.

On déduit de ces pesées que dans la première partie de sa vie, la plante herbacée possède un système radiculaire d'un poids élevé par rapport à la tige ; il est naturel qu'il en soit ainsi : nous savons en effet, que lorsqu'une graine germe, c'est d'abord la racine qui se développe, et que c'est seulement quand celle-ci a déjà pris une certaine importance que la tige apparaît, s'accroît et surpasse rapidement la racine.

Pendant cette première période, la quantité d'eau contenue dans la tige est considérable, elle atteint 94 0/0 dans le *Colinsia bicolor*, et reste comprise entre 80 et 90 0/0 pour la plupart des espèces ; à une seule exception près (*Eschscholtzia californica*), il y a plus d'eau dans la tige que dans la racine.

Ainsi qu'on l'a remarqué depuis longtemps, les plantes herbacées présentent dans les premières semaines de leur développement une très grande richesse en matières azotées, celles-ci forment souvent le quart du poids total ; en effet, les tableaux donnent des chiffres d'azote montant à 4 0/0 ; or, si nous multiplions ce nombre par 6,25 pour avoir les matières azotées, nous trouvons 25 0/0.

Dans un travail publié par l'un de nous, en collaboration avec M. Nantier, sur le développement de l'avoine, on a même pu constater dans un échantillon recueilli le 15 avril, 33,56 de matières azotées dans 100 de matières sèches. — Cette excessive richesse des jeunes plantes en matières azotées permet de comprendre combien elles sont nourrissantes, et l'on conçoit que les animaux maintenus sur des prairies où ils paissent l'herbe à mesure qu'elle apparaît qui, par suite, se nourrissent de plantes tendres renfermant d'énormes proportions de matières azotées, s'y développent rapidement.

Les chiffres qui indiquent la proportion des matières minérales contenues dans les jeunes plantes sont aussi très élevés; les cendres forment parfois le cinquième de la matière sèche (*Colinsia bicolor*, *Hesperis maritima*, *Delphinum Ajacis*). Sans atteindre toujours une aussi forte proportion, les cendres dépassent le dixième du poids de la matière sèche dans toutes les espèces examinées.

Ce qui achève de caractériser la composition des jeunes plantes herbacées est l'abondance des matières précipitables par le sous-acétate de plomb (gommes, tannins); elles forment souvent 15 0/0 de la matière sèche totale, chiffre trouvé pour l'avoine récoltée le 15 avril; c'est enfin la faible proportion des hydrates de carbone, sucres, amidon, cellulose qui deviennent si abondants dans la plante adulte; une graminée comme l'avoine arrivée à maturité renferme, en effet, les deux tiers de son poids d'amidon et de cellulose.

Il n'est pas impossible de comprendre comment la composition de ces plantes accuse d'aussi importantes différences. Pendant le jeune âge, ainsi qu'il vient d'être dit, la racine présente un développement considérable par rapport à la tige, et cette racine puise dans le sol des matières azotées et des matières minérales qui s'accumulent dans la jeune plante; à mesure que celle-ci avance en âge, la tige se développe, et beaucoup plus vite que le système radiculaire; or, la tige se couvre de feuilles qui, par leurs cellules à chlorophylle, élaborent des hydrates de carbone, dont la proportion s'accroît à mesure que le fonctionnement des feuilles a duré plus longtemps; la racine, sans doute, continue à introduire dans la plante des matières azotées et des matières minérales, mais son rôle cesse d'être prépondérant, et la composition centésimale de la plante indique nettement l'importance de plus en plus grande que prennent les organes aériens.

§ IV

Deuxième période. — Floraison. — Changement de poids et de composition que présentent les espèces étudiées. — Augmentation du poids total, prépondérance de la tige. — Diminution dans la proportion centésimale des matières minérales et des matières azotées.

Pour la plupart des espèces étudiées, la seconde prise d'échantillons a eu lieu au moment de la floraison; pendant l'espace de temps qui sépare la seconde série d'observations de la première, les plantes ont toutes augmenté de poids, l'augmentation est toujours plus sensible pour la matière sèche que pour la matière normale, car presque toutes les espèces présentent une plus faible proportion d'eau qu'au moment de l'observation précédente. En général, le rapport de la racine à la tige a diminué, souvent dans une très grande proportion (*Hesperis maritima*, *Silene pendula*), parfois au contraire très légèrement (*Papaver somniferum*, *Clarkia elegans*).

Dans toutes les espèces, à l'exception de l'*Eschscholtzia californica* et du *Sinapis alba*, la proportion centésimale des cendres a diminué, ce qui s'accorde bien avec les considérations développées dans le paragraphe précédent sur la prédominance de l'action de la racine dans le bas âge; quant aux deux exceptions signalées, elles s'expliquent peut-être par la grande activité de la racine, qui, dans ces deux espèces, renferme, lors de la seconde prise d'échantillons, plus d'eau que dans la première.

Dans le *Silene pendula*, nous trouvons, il est vrai, lors de la seconde prise d'échantillons, une diminution sensible dans la proportion centésimale des cendres qui tombent de 23,0 à 15, et cependant la racine, le 11 juillet, renferme 81,8 d'eau, tandis que, lors de l'observation précédente, elle n'en contenait que 81,2. Dans cette espèce, on ne pourrait donc pas attribuer la diminution de la proportion de cendres à une moindre activité de la racine, mais il faut remarquer que si la racine a conservé toute sa vitalité, 100 de tiges sèches correspondent seulement à 2 de racines sèches, et on conçoit que cet organe ait un poids trop faible pour avoir pu faire pénétrer dans la tige une forte proportion de matières minérales.

Dans toutes les espèces, la quantité de cendres contenues dans

les plantes entières a augmenté, le *Delphinum Ajacis* présente seul une exception : la quantité de cendres ne s'y est accrue que d'une façon insensible.

La proportion d'azote contenue dans 100 de tiges sèches a diminué dans toutes les espèces, le *Delphinum Ajacis* présente encore une exception.

Dans toutes les espèces, la quantité totale d'azote contenue dans la plante entière a augmenté; mais si les matières minérales et les matières azotées puisées dans le sol par la racine, ont continué à pénétrer dans la tige, le développement considérable que celle-ci a acquis, et la diminution de la proportion centésimale des substances que le sol a fournies, démontrent clairement que pendant cette période, c'est l'assimilation par la feuille qui domine. Les feuilles, puisant dans l'air l'acide carbonique, élaborant des hydrates de carbone, ont fourni la matière première de la cellulose nécessaire à l'accroissement des tissus.

Après la floraison, commence la période de maturation des graines : nous diviserons les espèces étudiées en trois groupes comprenant :

1° Les plantes dans lesquelles la maturation est accompagnée d'une perte de matière sèche;

2° Les plantes dans lesquelles la maturation est encore accompagnée d'une perte, mais est suivie d'une recrudescence de la végétation ;

3° Les espèces qui mûrissent leurs graines tout en continuant à augmenter le poids de leur matière sèche.

§ V

TROISIÈME PÉRIODE. — MATURATION. — 1er groupe. — Plantes dont la maturation est accompagnée d'une perte de matière sèche. — *Colinsia bicolor.* — *Sinapis nigra.*

COLINSIA BICOLOR. Les plantes mises en expérience nous ont fourni deux exemples remarquables d'une maturation accompagnée d'une diminution de poids sensible; le *Colinsia bicolor* notamment a été étudié avec beaucoup de soins, les prises d'échantillons se sont élevées à sept, et en suivant sur le tableau n° 1 (page 170) les variations de poids constatées, on voit qu'elles présentent une parfaite régularité; le poids de la plante sèche s'accroît jusqu'au

25 août, époque où la plante est presque complètement desséchée.

TABLEAU I

COLINSIA BICOLOR

Poids d'une graine : 0gr,001

MATIÈRES DOSÉES	11 JUIN	20 JUIN	30 JUIN	12 JUILLET	22 JUILLET	29 JUILLET	25 AOUT
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Poids d'une plante normale. . . .	2.019	2.90	5.37	5.86	3.3	2.9	0.71
Poids d'une tige normale	1.870	2.76	5.26	5.75	3.09	1.75	0.64
Poids d'une racine normale	0.149	0.14	0.11	0.11	0.21	0.15	0.07
Poids d'une tige sèche.	0.11	0.35	1.47	0.99	0.86	0.84	0.45
Poids d'une racine sèche	0.037	0.03	0.024	0.023	0.04	0.04	0.028
Poids de la racine 0/0 de tige. . .	33.6	8.6	1.6	2.3	4.6	4.7	6.2
Eau 0/0 dans la tige	94 2	87.4	72.1	82.7	72.1	52.0	29.7
Eau 0/0 dans la racine.	75.2	75.2	79.0	79.0	80.9	73.3	60.
Cendres dans 100 parties de matière sèche.	21.2	15.11	11.8	11.1	12.2	10.50	11.1
Cendres dans la tige entière. . . .	0.023	0.052	0.173	0.109	0.104	0.09	0.05
Azote dans 100 parties de matière sèche	4.14	2.49	2.5	2.26	2.14	1.37	1.6
Azote dans la tige	0.004	0.008	0.036	0.022	0.018	0.012	0.007
Observations sur l'état de la plante.	. . . . . .	. . . . . .	Fleuri.	Fleuri, portant quelques graines.	Presque défleuri.	Graines tombées, quelques tiges encore vertes.	Presque desséché.

La perte de matière sèche qui s'observe pendant la maturation du *Colinsia bicolor* doit être attribuée d'abord à la combustion lente, ensuite à une chute d'organes qui se séparent de la plante quand la vie les abandonne.

Nous appuyons cette manière de voir par l'étude des cendres. Leur détermination dans la plante entière nous montre que leur poids total diminue rapidement; le 30 juin, la plante renferme 173 milligrammes de cendres et seulement 109 le 12 juillet; si, comme le supposent MM. Marié-Davy et A. Lewy, ces matières minérales avaient disparu par excrétions par les racines, nous devrions trouver que la quantité centésimale des cendres a diminué. Or, elle est restée sensiblement constante, ce qui n'arriverait pas si les matières minérales avaient quitté la tige; dans ce cas, en effet, la proportion centésimale des cendres aurait été en diminuant, puisqu'on aurait brûlé des organes dépouillés des matières minérales qu'ils renfermaient d'abord.

Du 12 juillet au 22, nous constatons encore une perte de matière sèche de 130 milligrammes, qui doit être attribuée à la combustion lente, car une chute d'organes aurait entraîné une perte de cendres constatée sur la plante entière, la quantité centésimale restant stationnaire, tandis que si les cendres baissent pendant cette période d'une quantité insignifiante sur la tige entière ($0^{gr},005$), leur proportion centésimale passe de 11,1 à 12,2; on a donc brûlé, le 22 juillet, une matière plus riche en cendres; en d'autres termes, c'est la matière organique qui a disparu.

Du 22 juillet au 25 août, la perte de matière est énorme : elle porte sur toutes les matières dosées et doit être attribuée à une chute d'organes ; il reste à rechercher quelles causes l'ont déterminée et à savoir pourquoi la vie les abandonnant, ils se sont séparés de la plante qui les portait; on ne saurait attribuer la mort des organes disparus à leur dessiccation, car la quantité centésimale de l'eau reste élevée, non seulement le 12 juillet, mais encore le 22 juillet, et de plus, la racine reste très humide pendant toute la durée de la maturation, elle fonctionne donc avec toute l'activité désirable, et la chute des organes doit être attribuée à une autre cause que leur rapide dessiccation; pour la dévoiler, il importe de bien se figurer ce qu'est la maturation : elle consiste essentiellement en un transport des matériaux élaborés par les feuilles jusque dans les ovules fécondés qui doivent constituer les graines; les ma-

tières transportées sont de deux ordres, des hydrates de carbone; tels que l'amidon, et des matières azotées, telles que l'albumine; or le départ de ces deux ordres de substances des cellules à chlorophylle des feuilles, présente pour la vitalité de ces organes une importance bien différente; l'amidon est essentiellement une matière de réserve, qui s'accumule et disparaît, sans que le fonctionnement du jeune système cellulaire qui l'élabore soit retardé, ni arrêté, mais il n'en est plus ainsi pour les matières azotées : les feuilles ne renferment guère de matières azotées de réserve; ce qui disparaît de la cellule à chlorophylle au moment de la maturation, c'est donc sans doute, le protoplasma lui-même; or le protoplasma disparu, la cellule est morte, elle cesse de fonctionner, elle périt et si toutes les cellules d'une feuille meurent ainsi les unes après les autres, la feuille se détache et tombe.

Il est même probable que les feuilles tombent avant que toute la matière azotée qu'elles renfermaient ait émigré; si les feuilles mortes sont très pauvres en azote, elles n'en sont pas cependant entièrement privées, et la perte d'azote qu'on observe dans la plante entière du 30 juin au 12 juillet peut être attribuée à une chute d'organes renfermant encore une certaine quantité de matières albuminoïdes.

Le transport des matières azotées des feuilles vers les ovules, entraîne, nous l'avons dit, la mort des feuilles, leur chute et explique par suite la perte de matières observée; cette cause n'est cependant pas la seule qui agisse. Nous avons vu notamment qu'elle ne saurait expliquer l'augmentation centésimale des cendres du 12 au 22 juillet; nous avons attribué la perte de la matière organique constatée pendant cette période à une combustion lente, et il convient d'y insister.

Durant toute leur vie, les plantes sont le siège de deux phénomènes opposés : les phénomènes d'assimilation et ceux de respiration qui se traduisent par l'émission de deux gaz différents : l'oxygène et l'acide carbonique; si l'assimilation domine, la plante enrichit d'oxygène l'atmosphère dans laquelle elle séjourne, elle y forme au contraire de l'acide carbonique si c'est la respiration qui prend plus d'importance.

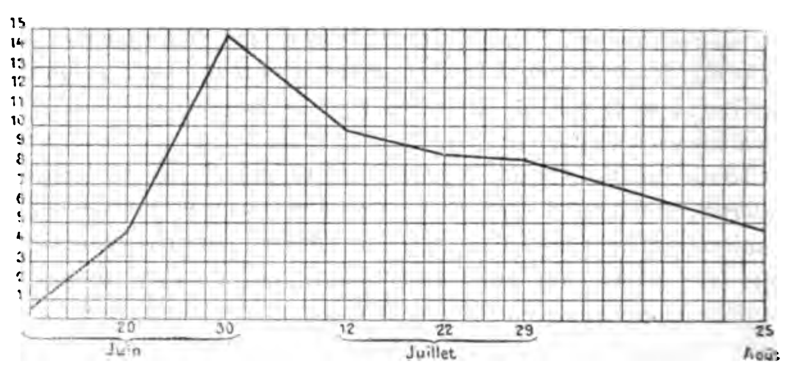
L'un de nous, dans un mémoire publié avec la collaboration de M. Maquenne, a même montré qu'on peut à volonté exciter l'un ou l'autre phénomène suivant la nature des radiations qui agissent sur

l'organe en expériences; l'artifice consiste à envelopper l'atmosphère limitée contenant la feuille en expérience d'un manchon renfermant de l'eau ou du chloroforme et de prendre comme source lumineuse la lampe Bourbouze, riche en radiations calorifiques.

Si la feuille éclairée est protégée par une couche d'eau, les radiations calorifiques obscures sont arrêtées, l'influence de la lumière est prépondérante, la feuille émet de l'oxygène en réduisant de l'acide carbonique. Si au contraire, le manchon renferme du chloroforme, les radiations obscures arrivent plus aisément jusqu'aux feuilles, leur action est prépondérante, et l'atmosphère s'enrichit en acide carbonique.

Toute émission d'acide carbonique est l'indice d'une combustion interne, et soit que l'oxygène de l'air intervienne ou que l'acide carbonique provienne d'une dissociation d'un élément complexe, ainsi que cela arrive dans une fermentation, cette émission de gaz est toujours accompagnée d'une perte de poids. Tant que le végétal est dans sa période d'accroissement, les phénomènes d'assimilation dominent, mais quand les cellules à chlorophylle disparaissent, que la plante jaunit, la respiration continue de s'exercer, et on peut concevoir que la perte de matière sèche observée pendant la maturation soit due encore à la combustion lente. Son influence ne pourra devenir d'une complète évidence que dans le cas où l'on verra la proportion centésimale des cendres aller en croissant d'une observation à l'autre, tandis que la quantité des matières minérales totales restera stationnaire. Dans ce cas, en effet, on ne pourra attribuer l'augmentation de la proportion de matières minérales à une activité de la racine surpassant celle des organes aériens, puisque, par hypothèse, la racine n'a pas réussi à augmenter la quantité des cendres que laisse la tige entière, l'augmentation ne peut être due qu'à une diminution de la matière combustible lentement brûlée. Si la combustion ne porte que sur des matières carbonées, la quantité centésimale de la matière azotée augmentera; si, au contraire, l'oxydation atteint également la matière azotée, elle déterminera sa transformation en asparagine, puis, s'exagérant, elle détruira complètement cette matière azotée, la réduira en acide carbonique, eau et azote libre, et l'analyse indiquera une perte d'azote; l'augmentation dans la proportion centésimale des cendres peut donc être accompagnée d'une diminution dans celle des matières azotées.

Enfin la combustion lente peut avoir une influence considérable sur la perte de matière organique, sans que cette influence apparaisse nettement dans nos tableaux ; en effet, on conçoit que si la matière organique se détruisant, la matière minérale qui y est intimement unie se disperse et est entraînée par le vent, elle échappe à nos pesées.



Développement du COLINSIA BICOLOR, poids de la tige en décigrammes.

Nous avons représenté par la courbe ci-jointe le développement du *Colinsia bicolor*, qui traduit nettement les nombres inscrits au tableau n° 1.

En résumé, l'étude du développement du *Colinsia bicolor* nous montre que pendant la première période, l'influence de la racine est prédominante; pendant la seconde, au contraire, ce sont les organes aériens qui contribuent davantage à l'accroissement de la plante qui commence à diminuer de poids aussitôt que la floraison est passée; cette diminution de poids est due à la chute des organes aériens et à leur combustion lente quand les phénomènes de respiration ont dominé ceux d'assimilation.

SINAPIS NIGRA. La moutarde noire atteint son maximum de poids le 6 juillet, le 29 juillet, la tige sèche a diminué sensiblement; la quantité de cendres et d'azote contenus dans la plante entière a baissé, leurs proportions centésimales s'atténuent également, mais c'est particulièrement du 29 juillet au 11 août que s'observent d'énormes pertes; l'analyse ne fait ici que confirmer ce que démontre l'observation la plus superficielle : à la moindre agitation, la plante laisse tomber ses graines; de là, une énorme diminution dans l'azote de la tige entière ou de l'azote centésimal; les graines

qui se séparent de la plante sont bien plus riches en matières azotées qu'en substances minérales, de telle sorte que, le 11 août, la plante entière ne renferme plus que le septième de l'azote qu'elle contenait le 29 juillet, tandis qu'elle contient encore plus du tiers des substances minérales qui y étaient renfermées.

TABLEAU II

SINAPIS NIGRA

Poids d'une graine : 0gr,0017

MATIÈRES DOSÉES	7 JUIN	19 JUIN	4 JUILLET	29 JUILLET	11 AOUT
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Poids d'une plante normale	7.051	15.5	31.83	16.1	5.32
Poids d'une tige normale	6.746	14.79	30.1	15.48	4.72
Poids d'une racine normale	0.305	0.71	1.7	0.62	0.60
Poids d'une tige sèche	0. 61	2.22	6.1	5.6	4.35
Poids d'une racine sèche	0.068	0.20	0.48	0.33	0.39
Poids de la racine 0/0 de tige	11.1	9.0	8.0	5.9	8.9
Eau 0/0 dans la tige	91.	85.0	79.8	63.81	7.8
Eau 0/0 dans la racine	77.8	71.9	72.8	46.7	35.0
Cendres dans 100 parties de matière sèche	18.2	13.1	11.6	10.2	4.6
Cendres dans la tige entière	0.111	0.290	0.707	0.57	0.20
Azote dans 100 parties de matière sèche	4.45	3.40	2.82	2.46	0.5
Azote dans une tige entière	0.027	0.142	0.172	0.14	0.02
Observations sur l'état de la plante	......	......	Presque complètement défleuri.	Commence à jaunir.	Perd ses graines.

La cause de la décadence rapide du *Sinapis nigra* n'est pas difficile à pénétrer, elle doit être attribuée à la dessiccation de la racine. Le 29 juillet elle a déjà cessé partiellement de fonctionner,

car la quantité d'eau qu'elle renferme n'est plus que de 46,7 p. 100; la tige est plus humide, mais l'eau qu'elle évapore n'est plus puisée dans le sol assez abondamment par une racine affaiblie, pour que l'équilibre entre l'évaporation et l'absorption puisse se maintenir, et au moment de la dernière prise d'échantillons, la tige est tout à fait sèche, elle ne contient plus que 7,8 pour 100 d'eau.

En comparant cette dessiccation rapide de la racine du *Sinapis nigra* à la persistance de la quantité d'eau normale dans les organes souterrains du *Colinsia bicolor*, on conçoit facilement que la décadence d'une des plantes soit très lente, tandis que celle de l'autre est, au contraire, très précipitée; du 12 juillet au 29, le *Colinsia bicolor* ne diminue que de 150 milligrammes, c'est-à-dire que, par jour, la perte de matière sèche est de 8 milligrammes, le *Sinapis nigra* perd, au contraire, du 4 juillet au 29, 500 milligrammes ou 20 milligrammes par jour. La dessiccation de la racine est donc, comme il était facile de le prévoir, une cause puissante de dépérissement d'une plante herbacée annuelle.

§ VI

Second groupe. — Maturation accompagnée d'une perte de poids, mais suivie d'une recrudescence de végétation. — *Eschscholtzia Californica*. — *Delphinum Ajacis*. *Convolvulus tricolor*. — *Clarkia elegans*

Si le transport des principes immédiats élaborés par les feuilles ou déposés dans leurs cellules, jusqu'aux ovules fécondés, est la condition même de la maturation, ce transport peut avoir lieu avec des vitesses variables; si toutes les fleurs que doit porter l'espèce s'épanouissent simultanément, si le nombre de ces fleurs est considérable par rapport à la dimension de la plante, le départ des matières azotées vers les graines enlève aux cellules à chlorophylle leur protoplasma, elles cessent de fonctionner, les feuilles se dessèchent et périssent, la maturation est accompagnée d'une perte de matière sèche. C'est ce que nous avons observé dans le *Sinapis nigra* et le *Colinsia bicolor*.

Si, au contraire, la floraison est successive, ou si encore le nombre des graines à nourrir est restreint par rapport aux dimensions de la plante, l'appel des matières azotées est moins rapide, toutes les cellules à chlorophylle ne sont pas vidées, il en reste un

nombre suffisant pour soutenir la végétation de la plante qui n'éprouvera qu'un affaiblissement momentané au moment où la migration sera la plus active; pendant cette période, les organes desséchés, flétris qui se séparent de la plante ne seront remplacés que par un nombre plus faible d'organes nouveaux, et l'on observera pendant toute la durée de la crise une diminution dans le poids de la plante, mais bientôt l'élaboration des principes immédiats par les feuilles, restées intactes, surpassera la déperdition des organes flétris et la plante retrouvera son poids primitif qui pourra être surpassé.

ESCHSCHOLTZIA CALIFORNICA. L'*Eschosholtzia californica* nous fournit un exemple remarquable de cette forme particulière de maturation.

Le 29 juillet, la plante atteint un premier maximum, un pied sec pèse 10^{gr},7, une racine 54 centigrammes, la quantité d'eau est considérable, elle atteint, dans la tige, 87,4 pour 100; cette époque correspond à une seconde floraison, la plante est en pleine activité, l'azote et les cendres totales ont beaucoup augmenté depuis la détermination précédente. Le 7 août, après la seconde floraison, la diminution du poids est notable, elle est presque de moitié pour la plante normale; elle est moins accusée, mais encore très sensible dans la plante sèche, elle porte aussi bien sur la racine que sur la tige. Le 14 août, la plante est encore dans cet état languissant, l'égalité de poids que présente la tige sèche le 7 et le 14 août démontre clairement que les chiffres obtenus ne sont pas dus à une mauvaise prise d'échantillons, et que l'affaiblissement est bien réel; cependant la quantité d'eau contenue dans la racine est restée la même, et celle que renferme la tige s'est un peu accrue.

Au 26 août, la plante éprouve un nouveau mouvement de végétation, elle a presque retrouvé le poids de matière normale du 29 juillet et le poids de matière sèche est un peu plus élevé; la proportion d'humidité dans la tige n'est pas très considérable, mais la racine renferme, au contraire, une quantité d'eau normale, elle ne présente aucun signe de dépérissement, et, en effet, le 8 octobre, nous trouvons que la plante a pris un énorme développement : le poids de la tige a passé de 65 grammes à 286, et celui des racines a plus que doublé; on trouve, au reste, nombre de petites racines de nouvelle formation : aussi le chiffre de l'eau que présentent les organes souterrains est-il voisin du maximum observé au début de la végétation.

TABLEAU III

ESCHSCHOLTZIA CALIFORNICA

MATIÈRES DOSÉES	3 JUILLET	15 JUILLET	29 JUILLET	7 AOUT	14 AOUT	28 AOUT	8 OCTOBRE
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Poids d'une plante normale	30.0	55.0	82.3	43.4	50.	70.	217.
Poids d'une tige normale	27.6	51.4	77.7	40.7	47.0	65.2	206.
Poids d'une racine normale. . . .	2.4	3.6	4.6	2.7	3.0	4.8	11.
Poids d'une tige sèche	3.28	5.0	10.7	7.2	7.0	11.5	36 2
Poids d'une racine sèche	0.23	0.30	0.54	0.35	0.4	0.59	1.2
Poids de la racine, la tige étant 100	10.0	6.0	5.10	4.9	5.6	5.1	3.2
Eau 0/0 dans la tige	88.1	90.2	87.4	82.3	85.1	82.2	82.5
Eau 0/0 dans la racine	90.4	91.7	88.2	87.0	86.6	87.5	89.1
Cendres dans 100 parties de matière sèche.	16.6	16.2	12.8	12.7	13.2	11.5	11.1
Cendres dans la tige	0.54	0.81	1.37	0.91	0.92	1.32	4.02
Azote dans 100 parties de matières sèches	4.3	3.47	3.0	2.4	3.6	2.8	2.5
Azote dans une tige.	0.14	0.17	0.32	0.17	0.25	0.32	0.90
Observations sur l'état de la plante.	En fleurs.	Presque défleuri.	Commence à perdre ses secondes fleurs.	Encore quelques fleurs, feuilles se fanent.	Encore vert, graines formées.	Encore vert, les graines ne sont pas encore mûres.	Encore vert, des fleurs, beaucoup de siliques pleins et mûrs.

Ainsi, dans cette plante, la formation des graines a bien été

accompagnée d'un affaiblissement général, ainsi qu'on l'observe si souvent, mais la maturation des siliques ne termine pas l'évolution de la plante, et celle-ci présente une nouvelle phase d'activité.

Les cendres totales diminuent du 29 juillet au 7 août, mais la proportion centésimale reste constante, d'où il faut conclure qu'il n'y a pas eu perte de matière minérale par excrétion des racines, car cette excrétion aurait déterminé une diminution dans la quantité centésimale des cendres; la perte de matière sèche observée est due évidemment à des chutes d'organes desséchés entraînant avec eux leur matière minérale; cette interprétation est appuyée, au reste, par le dosage de l'humidité; en effet, la plante ne renferme plus que 82,3 pour 100 d'eau, ce qui indique qu'elle porte des feuilles déjà flétries à côté d'autres qui contiennent encore leur proportion d'eau normale.

L'azote centésimal a baissé du 29 juillet au 7 août : on ne peut attribuer cette diminution à une augmentation dans la proportion des matières hydrocarbonées, comme au début de la végétation, puisque la matière sèche totale a diminué : si on remarque, en outre, que l'azote total a baissé également, on est conduit à admettre l'une ou l'autre des deux hypothèses suivantes : ou bien il faut que les organes qui sont séparés soient particulièrement riches en azote, ou bien il faut que le phénomène de migration des matières azotées ait été accompagné d'une perte d'azote libre; des recherches récentes conduisent à penser que la matière azotée chemine souvent sous forme d'asparagine; or, l'asparagine ne prend naissance que par l'oxydation des matières albuminoïdes, et l'on conçoit que si une partie de la matière azotée se transforme en asparagine au moment de la migration des feuilles vers les graines, une autre partie de la matière azotée puisse éprouver une combustion plus complète et abandonner de l'azote libre. Cette hypothèse paraît même plus vraisemblable qu'une chute de graines déjà mûres à une époque de la saison si peu avancée.

Au 14 août, la recrudescence de végétation est déjà sensible dans la proportion d'eau qu'on trouve dans la tige et dans la racine; si des organes flétris ont encore disparu, des organes nouveaux se sont formés; aussi la quantité centésimale de l'azote et des cendres a augmenté, le chiffre qui représente l'azote total augmente également, et la composition de la plante se rapproche de ce qu'elle était à l'origine, preuve évidente de l'élaboration de tissus nouveaux.

Le 25 août, le poids de la plante sèche dépasse ce qu'il était au moment du premier maximum; le poids des matières minérales est précisément égal à celui qu'on avait trouvé le 29 juillet, mais les proportions centésimales sont plus faibles, ce qui montre que les organes nouvellement formés sont dus surtout au travail des feuilles.

La plante continue de s'accroître jusqu'au 8 octobre, époque à laquelle on met fin à l'expérience; la plante porte à ce moment des siliques pleins de graines mûres, et quelques fleurs tranchent encore sur son feuillage resté d'un beau vert; la quantité d'eau contenue dans la tige et dans la racine indique que la plante n'éprouve aucun signe de dépérissement; sa végétation se serait prolongée jusqu'aux gelées.

Les matières azotées et les matières minérales contenues dans la plante entière ont beaucoup augmenté, mais leur proportion centésimale n'a pas varié depuis la prise d'échantillons précédente, ce qui indique que l'activité de la racine a fait complètement équilibre à celle des feuilles.

Delphinum Ajacis. Le *Delphinum Ajacis* présente son maximum de poids le 15 juillet; dès le 28, le poids d'une tige sèche a diminué, et cette diminution s'accentue encore davantage le 7 août; le 19 août, au contraire, une tige sèche a acquis un poids double de celui qu'elle présentait douze jours auparavant : cette augmentation n'est pas fortuite, car le 25 août, le poids de la plante sèche est encore de 3^{gr}, 05, supérieur à celui du premier maximum : cette plante appartient donc bien au second groupe, aux végétaux dans lesquels la maturation est accompagnée d'un affaiblissement bientôt suivi d'une recrudescence de végétation.

L'évolution des organes du *Delphinum Ajacis* est d'une grande rapidité; aussi la quantité d'eau qu'accuse l'analyse est-elle toujours faible et décroît-elle régulièrement. Le 7 août, une grande partie de la racine est déjà desséchée, puisqu'on n'y trouve que 50 p. 100 d'eau ; à la détermination suivante, des radicelles nouvelles se sont formées et le taux p. 100 remonte à 62,9.

La perte de poids que présente le *Delphinum Ajacis* le 28 juillet est due à la chute d'organes desséchés, qui ont entraîné avec eux des matières minérales, mais qui étaient vides de matières azotées; en effet, si les cendres totales tombent de 0^{gr},270 à 0^{gr},190, les matières azotées totales restent absolument fixes, aussi la proportion centésimale d'azote est-elle plus forte, les

matières azotées s'étant distribuées dans un moindre poids total.

TABLEAU IV

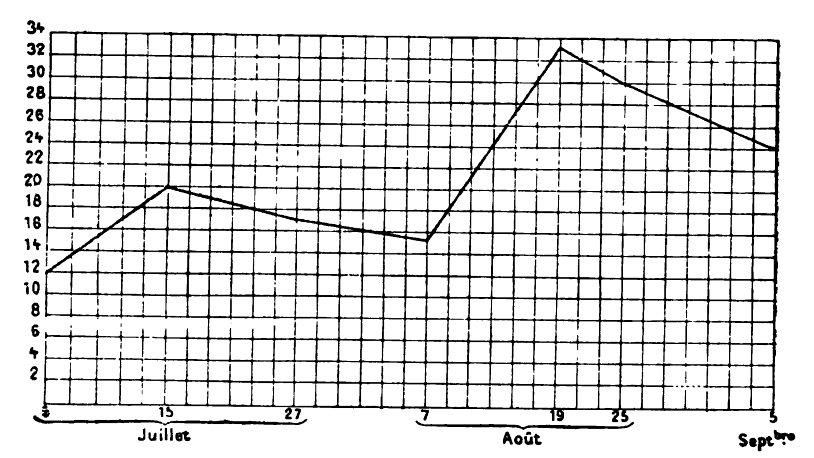
DELPHINIUM AJACIS

MATIÈRES DOSÉES	5 JUILLET	15 JUILLET	28 JUILLET	7 AOUT	19 AOUT	25 AOUT	5 SEPTEMBRE
Poids d'une plante normale. . . .	8.0	11.6	8.90	5.12	8.50	7.04	3.0
Poids d'une tige	7.46	11.01	8.56	4.90	7.96	6.49	2.74
Poids d'une racine	0.54	0.59	0.34	0.22	0.54	0.55	0.26
Poids d'une tige sèche	1.21	2.09	1.73	1.59	3.30	3.05	2.33
Poids d'une racine sèche	0.10	0.12	0 11	0.11	0.20	0.214	0.19
Poids de la racine 0/0 de tige . .	8.2	5.7	6.3	6.9	6.0	7.0	8.1
Eau 0/0 dans la tige	82.4	83.7	79.8	67.5	58.5	53.0	14.9
Eau 0/0 dans la racine.	81.5	79.6	67.6	50.0	62.9	61.2	26.9
Cendres dans 100 parties de matière sèche	21.8	12.9	11.01	11.96	11.6	11.5	10.3
Cendres dans la tige	0.26	0.27	0.190	0.180	0.38	0.35	0.24
Azote dans 100 parties de matière sèche.	1.73	1.97	2.38	1.55	2.9	2.1	. . . . . .
Azote dans la tige	0.021	0.04	0.04	0.024	0.095	0.064	. . . . . .
Observations sur l'état de la plante	En boutons.	Complètement fleuri.	Défleuri.	Commence à se dessécher.	Feuilles inférieures flétries, graines mûres.	Encore des feuilles vertes, graines tombent.	Flétri.

Il n'en est plus ainsi le 7 août : si les cendres totales ont continué à diminuer, la proportion centésimale a augmenté; quant aux matières azotées, il y a diminution dans leur poids total et dans leur proportion relative; il est probable que cette perte qu'accusent les pesées du 7 août, est due surtout à une combustion portant particulièrement sur les matières azotées et insuffisament comblée par la formation d'organes nouveaux; peut-être faut-il faire intervenir aussi la migration des matières azotées servant à la constitution de nouvelles radicelles; nous n'avons pas dosé l'azote dans la racine, et celui qui s'échapperait de la tige pour venir se loger dans les organes souterrains serait considéré comme perdu.

Le 19 août, la plante a traversé la période d'affaiblissement, elle atteint un second maximum dû à la formation d'organes nouveaux, qui ne sont pas cependant assez abondants pour relever la proportion centésimale de l'eau à un chiffre normal, mais l'élévation des cendres et des matières azotées totales montre que la racine a repris un fonctionnement vigoureux.

Il est bien à remarquer qu'au moment où a eu lieu la prise d'échantillons; le 19 août les graines sont mûres, et les feuilles inférieures flétries : c'est donc seulement quand la maturation est accomplie, terminée, que la plante se relève.



Développement du DELPHINUM AJACIS, poids de la tige sèche en décigrammes.

Ce réveil n'est pas de longue durée; le 25 août, la plante commence à perdre ses graines, les cendres et l'azote diminuent dans la

plante entière; enfin le 5 septembre, la décadence est complète, la plante est presque sèche, elle ne renferme plus que 14,9 0/0 d'eau; son poids diminue, la quantité de cendres diminue également; la racine s'est aussi desséchée; la mort arrive rapidement.

Nous avons représenté, par une courbe, le développement du *Delphinum Ajacis;* l'affaiblissement du 15 juillet au 7 août, la recrudescence suivante, puis la décadence finale sont nettement indiquées par les inflexions de la ligne qui a été construite à l'aide de sept pesées; la régularité du tracé permet d'affirmer que les causes fortuites n'ont eu aucune influence sur les faits constatés.

Clarkia elegans. Le *Clarkia elegans* nous offre un excellent exemple du développement d'une plante dont la floraison est successive : le 25 juillet, la plante est entièrement fleurie et le travail de maturation commence; aussi, le 2 août, la plante a-t-elle diminué de poids, mais de nouvelles fleurs sont prêtes à s'épanouir; elles sont ouvertes le 12 août. Elles sont moins nombreuses que le 25 juillet; aussi cette fois la maturation des graines n'est-elle plus accompagnée que d'un affaiblissement très peu sensible; cependant, si on représentait le poids de la matière sèche par une courbe, on trouverait après le maximum du 25 juillet, un minimum le 2 août, le 12 août, la courbe se relève et remonte un peu au-dessus du poids atteint le 25 juillet; elle redescend légèrement au moment de la maturation des graines de seconde formation, le 19 août, se relève le 25 et tombe définitivement le 3 septembre, au moment où les siliques ouverts laissent échapper les graines.

La dessiccation de la tige suit une marche régulière depuis l'origine des observations; la formation des tissus nouveaux du 2 août au 12 août ne suffit donc pas pour ramener la tige au degré d'humidité qu'elle renfermait à l'origine; des feuilles desséchées, les siliques déjà formées, abaissent la proportion d'eau contenue dans la tige; de la racine, au contraire, se détachent les parties desséchées, et le 2 août elle est plus humide qu'au moment de la première prise d'échantillons : cette formation de racines nouvelles assure à la plante une alimentation régulière et lui permet de continuer son évolution pendant tout le mois d'août.

A quelle cause attribuer la perte de poids constatée le 2 août? D'abord une part importante revient certainement à la chute des pétales; en voyant la terre jonchée de débris de fleurs, on peut croire que leur séparation explique au moins partiellement la perte de

matières azotées et de matières minérales que nous avons constatée.

TABLEAU V

CLARKIA ELEGANS

MATIÈRES DOSÉES	5 JUILLET	25 JUILLET	2 AOUT	12 AOUT	19 AOUT	25 AOUT	3 SEPTEMBRE
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Poids d'une plante normale. . . .	13.32	18.48	12.8	13.4	13.17	12.6	7.25
Poids d'une tige normale	12.35	17.05	11.47	12.53	12.22	11.57	6.55
Poids d'une racine normale	0.97	1.43	1.33	0.87	0.95	1.03	0.7
Poids d'une tige sèche	1.98	3.60	2.72	3.74	3.61	3.94	2.95
Poids d'une racine sèche	0.19	0.34	0.22	0.29	0.29	0.33	0.27
Poids de la racine 0/0 de tige . .	9.5	9.0	8.0	7.7	8.0	8.3	9.1
Eau 0/0 dans la tige	83.9	78.8	74.9	70.1	70.4	65.7	54.0
Eau 0/0 dans la racine	80.4	76.2	82.7	66.6	69.4	67.9	61.4
Cendres dans 100 parties de matière sèche.	11.4	10.3	9.6	10.5	10.4	11.0	9.0
Cendres dans la tige	0.225	0.37	0.26	0.39	0.37	0.43	0.26
Azote p. 100 parties de matière sèche	2.16	2.02	1.8	1.3	1.9	1.2	1.0
Azote dans une tige.	0.04	0.07	0.05	0.05	0.10	0.05	0.03
Observations sur l'état de la plante	En boutons.	En fleurs.	Fleurs commencent à se faner.	Quelques fleurs, siliques formés.	Défleuri, les graines mùrissent.	Encore des feuilles vertes, siliques ouverts en partie.	Feuilles fanées, siliques ouverts en partie.

La chute de feuilles desséchées ne peut avoir qu'une moindre influence, car leur séparation aurait fait remonter le chiffre de l'humidité, tandis que nous trouvons moins d'eau dans la tige le 2 août que le 25 juillet; peut-on croire, en outre, que le moment de la migration a été caractérisé par une combustion plus énergique et que des tissus détruits ont laissé échapper de la matière minérale? Cette hypothèse n'est pas invraisemblable : le taux centésimal des cendres a peu varié, il est descendu de 10.3 à 9.6, la plante entière, au contraire, a perdu 30 pour 100 des cendres qu'elle renfermait le 25 juillet; on ne peut pas admettre que les 110 milligrammes de matières minérales manquant aient disparu par excrétion des racines, car le taux centésimal des cendres aurait éprouvé une diminution analogue; les chiffres constatés indiquent donc que des tissus ont disparu, la combustion dont ils ont été victimes aurait brûlé de la matière azotée, car la plante entière a perdu 20 milligrammes d'azote. Cette perte n'était pas encore réparée le 12 août, et il faut arriver au 19 pour retrouver dans la plante un poids d'azote supérieur à ce qu'il était le 25 juillet.

Le 3 septembre, la décadence de la plante est complète, la tige s'est desséchée, les siliques ouverts dès le 25 août ont laissé tomber des graines, entraînant dans leur chute les matières azotées et les cendres, dont le déficit est nettement accusé pour la plante entière au moment de cette dernière prise d'échantillons.

Convolvulus tricolor. La floraison du *Convolvulus tricolor* se prolonge pendant tout le mois de juillet, les fleurs apparaissent dès le 3 juillet, au moment de la seconde prise d'échantillons, les plantes en portent encore le 19, et cependant, c'est seulement le 2 août que l'épanouissement est complet : pendant toute cette période, le poids de la plante augmente régulièrement, mais le 12 août, après la formation des capsules, l'affaiblissement est sensible, le poids d'une plante sèche tombe de 34^{gr},9 à 28^{gr},2. — Nous trouvons donc là un exemple remarquable des différences qu'exercent sur le poids de la plante la floraison rapide ou successive; quand le nombre des graines en voie de formation est considérable, la plante ne peut suffire à la dépense qu'occasionne le transport; elle s'affaiblit et diminue de poids; tant qu'au contraire le nombre des fleurs développées simultanément est faible, la plante continue à s'accroître régulièrement. La floraison partielle du 3 juillet au 2 août n'a pas empêché le développement de la plante de

suivre son cours régulier, mais quand la floraison a été complète,

TABLEAU VI

CONVOLVULUS TRICOLOR

MATIÈRES DOSÉES	3 JUILLET	19 JUILLET	2 AOUT	12 AOUT	19 AOUT	22 AOUT	3 SEPTEMBRE
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Poids d'une plante normale. . . .	61.	155.8	226.00	174.4	219.7	308.50	12[illegible].
Poids d'une tige normale	59.6	152.9	223.2	172.1	216.8	305.25	[illegible]
Poids d'une racine normale. . . .	1.4	2.9	2.8	2.3	2.9	3.25	3.
Poids d'une tige sèche.	6.05	19.90	34.9	28.2	41.5	61.1	83.
Poids d'une racine sèche	0.24	0.53	0.64	0.58	1.4	0.8	0.75
Poids de la racine 0/0 de tiges . .	3.9	2.6	1.8	2.0	3.3	1.3	2.[illegible]
Eau 0/0 dans la tige	80.8	87.3	84.4	83 6	80.8	80.0	72.[illegible]
Eau 0/0 dans la racine	82.8	81.7	77.15	74.7	51.7	75.3	75.0
Cendres dans 100 parties de matière sèche	15.1	13.2	10.2	10.7	9.6	8 3	9.8
Cendres dans la tige	0.91	2.63	3.57	3.02	3.98	5.13	3.33
Azote dans 100 parties de matière sèche	3.02	2.2	1.7	1.9	2.1	1.6	1.16
Azote dans la tige	0.18	0.44	0.59	0.54	0.87	0.97	0.53
Observations sur l'état de la plante	En fleurs.	En fleurs.	Complètement en fleurs.	Capsules formées.	Encore vert, quelques feuilles fanées.	Encore vert, les graines encore vertes.	

la migration a déterminé l'affaiblissement signalé le 12 août.

La quantité d'eau contenue dans la tige décroît régulièrement depuis la première observation jusqu'à la dernière; la racine, au contraire, présente une irrégularité le 19 août.

Le poids de l'azote et des cendres contenus dans la tige entière éprouve une légère diminution au moment du minimum du 12 août, mais les proportions centésimales se sont, au contraire, légèrement accrues.

Ces résultats, comme ceux que nous ont fourni les espèces précédemment étudiées, interdisent toute idée d'excrétions par les racines, mais s'expliquent plus aisément par une perte de matière organique pauvre en cendres et en matières minérales.

Quand la crise du 12 août est traversée, l'augmentation de la tige se poursuit régulièrement; le 28 août, la plante a acquis son maximum de poids, elle a gagné des matières minérales et des matières azotées, mais les hydrates de carbone se sont proportionnellement accrus davantage, aussi les chiffres qui représentent les cendres et l'azote contenus dans 100 parties sont-ils plus faibles qu'à la prise d'échantillons précédente.

Le 3 septembre, la décadence de la plante est sensible. Son poids a diminué de moitié; elle renferme cependant encore des organes vivants, car la dessiccation est loin d'être complète pour la tige, et la racine renferme encore les trois quarts de son poids d'eau; les cendres et l'azote de la plante entière ont diminué, mais la proportion centésimale de l'azote n'a pas baissé et celle des cendres s'est accrue : il est donc probable que la perte de poids est due à la séparation de vieilles feuilles plutôt qu'à celles des graines, car la chute de celles-ci aurait occasionné une diminution sensible dans l'azote centésimal.

Le *Convolvulus tricolor* forme le passage naturel entre les espèces du second groupe, qui éprouvent un affaiblissement momentané pendant la maturation, et celles du troisième groupe, qui continuent d'augmenter leur poids dans le temps même où elles mûrissent leurs graines. Cette plante, en effet, n'éprouve qu'un léger affaiblissement, bientôt suivi d'une recrudescence qui porte la matière sèche à un chiffre presque double de ce qu'il était au moment de sa complète floraison.

§ VII.

Maturation accompagnée d'une augmentation de poids de la plante. — *Sinapis alba*. — *Silene pendula*. — *Hesperis maritima*. — *Papaver somniferum*.

Les plantes qui sont rangées dans ce troisième groupe augmentent de poids pendant toute la durée de leur développement; mais si l'affaiblissement des organes chlorophylliens pendant la maturation est insuffisant pour empêcher la plante de s'accroître, il est encore sensible; en effet, si l'on représente par une courbe les variations de poids de ces espèces, on voit cette courbe s'élever rapidement pendant la première partie de la vie, et si au moment de la maturation la courbure ne devient pas concave, comme pour les espèces précédentes, la convexité est pendant cette période à peine sensible, et c'est seulement quand les graines sont formées, que le mouvement ascensionnel se continue jusqu'à la décadence finale.

SINAPIS ALBA. — C'est ce qui est particulièrement sensible dans le *Sinapis alba:* du 29 mai au 6 juin, le poids de la tige sèche passe de 6 décigrammes à 16; elle ne triple pas son poids; du 6 juin au 16, la croissance s'accélère: de 16 décigrammes le poids de la tige sèche passe à 86 décigrammes, à ce moment la plante est en pleine floraison. Le travail de la maturation commence; or, du 16 juin au 12 juillet, l'accroissement n'est plus que de 49 décigrammes, le mouvement ascensionnel est donc ralenti; mais le 12 juillet, les siliques sont complètement formés, et la recrudescence de végétation se manifeste rapidement: au 31 juillet la plante sèche pèse 25^{gr},60: elle a doublé son poids.

Cette marche du développement du *Sinapis alba* est facile à suivre sur le graphique ci-joint. La marche générale de la courbe fait voir combien est actif le travail de maturation, puisqu'il a ralenti pendant vingt jours la croissance de cette plante vigoureuse, dont la végétation exubérante double le poids aussitôt que les siliques sont remplis.

La quantité d'eau contenue dans la tige décroît assez régulièrement, avec un léger maximum, le 6 juin; au moment de la dernière prise d'échantillons, la dessiccation est complète; l'humidité de la racine présente plus de variations: le 12 juillet, l'activité de la plante s'est portée aussi bien sur la formation de tissus aériens nouveaux

que sur celui de nouvelles racines, les anciennes se sont détachées,

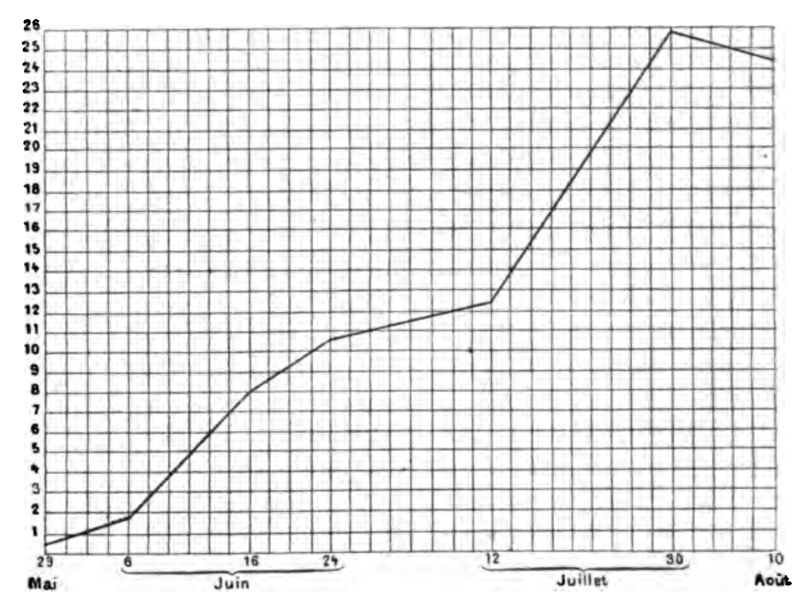
TABLEAU VII

DÉVELOPPEMENT DU SINAPIS ALBA

MATIÈRES DOSÉES	20 MAI	6 JUIN	16 JUIN	24 JUIN	12 JUILLET	31 JUILLET	11 AOUT
Poids d'une plante normale. . . .	6.243	18.704	61.937	56.6	70.0	91.6	27.6
Poids d'une tige normale	5.970	18.088	57.937	52.5	68.8	86.8	25.8
Poids d'une racine normale	0.273	0.616	4.000	3.1	2.0	4.8	1.8
Poids d'une tige sèche	0.60	1.67	8.1	10.8	12.90	25.60	24.3
Poids d'une racine sèche	0.016	0.10	0.88	0.70	0.38	1.46	0.80
Poids de la racine 0/0 de tige . .	7.6	5.9	10.8	6.5		5.7	3.2
Eau 0/0 dans la tige	89.4	91.8	86.1	81.4	91.2	70.50	5.4
Eau 0/0 dans la racine	83.2	83.8	78.0	77.8	81.	69.57	55.5
Cendres dans 100 parties de matière sèche.	21.3	21.5	17.2	15.1	13.60	11.64	8 9
Cendres dans la tige entière. . . .	0.127	0 358	1.893	1.63	1.80	2.88	2.15
Azote dans 100 parties de matière sèche.	Manque	4.04	3.63	3.8	2.93	3.15	1.5
Azote dans une tige sèche	. . . . . .	0.067	0.294	0.33	0.37	0.81	0.36
Observations sur l'état de la plante.	Commence à fleurir.	En fleurs.	En fleurs.	. . . . . .	Les siliques sont complètement formés.	Commence à se faner.	Perd ses graines.

car le poids de la racine a beaucoup diminué, mais elle renferme plus d'eau, ce qui montre que de jeunes radicelles sont venues remplacer celles qui se sont séparées de la tige.

La proportion centésimale des cendres décroît depuis l'origine des observations; la quantité de matières minérales contenue dans



Développement du SINAPIS ALBA. Poids de la plante sèche en grammes.

la plante entière s'accroît régulièrement, au contraire, et la perte signalée est médiocre; l'azote de la tige entière a subi une déperdition beaucoup plus sensible, la cause de ces pertes apparaissait à première vue: les siliques ouverts laissaient tomber leurs graines. Si à ce moment la plante perd les deux tiers de son azote, son poids total ne diminue que de 13 décigrammes; dans cette espèce, la chute des graines n'influence donc que médiocrement le poids de la plante entière et nous trouvons là une confirmation des idées déjà développées dans les pages précédentes; nous avons attribué, en effet, aux quantités relatives des ovules et des feuilles les trois cas que nous avons distingués : ici les feuilles sont abondantes par rapport aux ovules, puisque la déperdition des graines mûres n'occasionne qu'une perte insignifiante; si puissant qu'ait été le travail de maturation, il n'a réussi qu'à ralentir l'accroissement sans

l'arrêter; il est resté assez de cellules intactes pour que la plante conservât sa vitalité et se développât vigoureusement aussitôt que les siliques ont été remplis.

HESPERIS MARITIMA. — Le ralentissement dans la végétation qui suit la floraison est encore très sensible dans l'*Hesperis maritima*, la plante s'est considérablement accrue du 9 au 28 juillet. Si l'on divise l'augmentation de poids constatée entre ces deux observations par le nombre de jours écoulés, c'est-à-dire 1,490 milligrammes par 19, on obtient comme accroissement journalier 78 milligrammes, ce qui est considérable pour une plante qui, au moment où elle atteint son maximum de poids, ne pèse que 2,840 milligrammes; mais le 28 juillet, les fleurs disparaissent, la maturation commence et l'accroissement journalier n'est plus que de 20 milligrammes, du 28 juillet au 5 août; il remonte ensuite à 45 milligrammes. Le ralentissement est donc parfaitement évident.

Cette plante présente toutefois une particularité remarquable : l'observation du 13 août porte que l'*Hesperis maritima* est sans feuilles ni fleurs, et cependant il augmente encore son poids; la tige seule, parmi les organes aériens, a conservé son activité, la racine a retrouvé la quantité d'eau qu'elle renfermait au moment où la plante était en pleine vigueur : cette activité de la racine se traduit par une augmentation dans la proportion centésimale des cendres et dans leur quantité entière; la proportion centésimale de l'azote a légèrement diminué, mais l'azote total est resté constant, il est clair que la racine a puisé dans le sol et a fait pénétrer dans la tige les matières azotées et minérales nécessaires à combler et au delà la perte causée par la chute des feuilles, mais n'a-t-elle pas aussi trouvé dans le sol des matières carbonées qui, modifiées, élaborées par la tige restée intacte, lui ont permis d'augmenter son poids. Cette observation, d'une augmentation de poids de l'*Hesperis maritima*, quand les feuilles ont disparu, appuie la manière de voir que l'un de nous soutient depuis plusieurs années, à savoir, que les matières carbonées contenues dans le sol ont une influence directe sur la croissance de la plante et servent à son développement aussi bien que les hydrates de carbone élaborés dans les cellules à chlorophylle par la réduction simultanée de l'acide carbonique et de l'eau.

La constance de la quantité centésimale de l'azote est curieuse : le 19 août, les graines tombent, et cependant leur chute, qui entraîne une diminution dans la quantité d'azote contenue dans la tige en-

tière n'affecte pas le taux centésimal de l'azote ; au point de vue de

TABLEAU VIII

HESPERIS MARITIMA

MATIÈRES DOSÉES	12 JUIN	9 JUILLET	28 JUILLET	5 AOUT	13 AOUT	19 AOUT
Poids d'une plante normale. . . .	1.93	5.02	9.5	7.4	6.7	3.52
Poids d'une tige normale.	1.88	4.92	9.34	7.27	6.52	3.42
Poids d'une racine normale. . . .	0.05	0.10	0.16	0.13	0.17	0.10
Poids d'une tige sèche	0.22	0.82	2.31	2.48	2.84	1.6
Poids d'une racine sèche	0.02	0.03	0.06	0.03	0.05	0.014
Poids de la racine 0/0 de tige. .	9.1	3.6	2.6	2.0	1.7	2.7
Eau 0/0 dans la tige	88.3	83.3	75.2	66.8	56.5	53.2
Eau 0/0 dans la racine	60.0	70.0	62.5	61.6	70.6	56.
Cendres dans 100 parties de matière sèche.	24.3	15.3	12.4	8.94	9.2	8.9
Cendres dans une tige entière. . .	0.06	0.13	0.29	0.22	0.26	0.14
Azote dans 100 parties de matière sèche.	4.22	2.92	2.28	2.3	2.02	2.2
Azote dans une tige.	0.01	0.024	0.05	0.06	0.06	0.04
Observations sur l'état de la plante.	. . . . .	Pleine floraison.	Fleurs commencent à se flétrir.	Se dessèche.	Sans feuilles, sans fleurs.	Presque sec, graines tombent.

sa richesse en matières azotées, l'*Hesperis maritima* conserve une constance de composition remarquable.

PAPAVER SOMNIFERUM. — Les faits observés sur l'*Hesperis maritima* se reproduisent exactement pour le pavot ; la maturation y est encore accompagnée d'une augmentation de la matière sèche de la plante

TABLEAU IX

PAVOT

Poids d'une graine : 0gr,0004

MATIÈRES DOSÉES	24 JUIN	4 JUILLET	15 JUILLET	26 JUILLET	2 AOUT
Poids d'une plante normale. . . .	6.14	11.30	16.50	8.1	4.1
Poids d'une tige normale	5.76	10.61	15.19	7.20	3.59
Poids d'une racine normale	0.38	0.69	0.81	0.90	0.51
Poids d'une tige sèche	0.74	1.3	2.37	2.5	2.07
Poids d'une racine sèche	0.07	0.14	0.15	0.18	0.15
Poids de la racine 0/0 de tige. . .	9.4	8.4	6.03	7.2	7.2
Eau 0/0 dans la tige	87.1	87.7	84.4	65.2	41.8
Eau 0/0 dans la racine	81.5	84.0	81.5	80.0	70.5
Cendres dans 100 parties de matière sèche.	14.06	13.55	12.53	11.6	12.9
Cendres dans la tige entière. . . .	0.11	0.19	0.29	0.29	0.27
Azote dans 100 parties de matière sèche	2.66	2.5	2.37	2.73	2.5
Azote dans une tige entière	0.02	0.03	0.06	0.07	0.05
Observations sur l'état de la plante	Quelques fleurs, des boutons partout.	fleurs.	Se flétrit.	Presque flétri.	Sec, plus de feuilles.

entière, mais elle se signale par un ralentissement dans la rapidité de la croissance : en effet, du 4 juillet au 15, la partie aérienne a presque doublé, l'accroissement s'élève à 97 milligrammes par jour, mais du 15 juillet au 26, la maturation s'annonce par le flétrissement

des feuilles; l'augmentation n'est plus, pour cette période, que de 130 milligrammes, c'est-à-dire 13 milligrammes par jour; la chute des feuilles s'accélère du 26 juillet au 2 août, et à ce moment, le pavot, dépouillé de feuilles, ne présente plus qu'une tige surmontée d'une capsule renfermant les graines.

La chute complète des feuilles a entraîné une perte de matière sèche peu considérable, la tige s'est partiellement desséchée, mais la racine est encore très active. Elle renferme encore 70 pour 100 d'eau. Aussi la perte de matières minérales est-elle faible, la racine a continué à les puiser dans le sol, et c'est à son action persistante que nous attribuons l'augmentation dans la proportion centésimale des cendres.

La proportion centésimale de l'azote présente dans la plante une constance remarquable, et à la dernière prise d'échantillons, on en trouve encore 2,5 pour 100, ce qui est dû sans doute, non seulement à la persistance d'activité de la racine, mais aussi à la forme même du réceptacle qui renferme les graines et qui s'oppose absolument à leur dispersion.

L'augmentation du poids de la plante entière qui se produit du 15 au 26 juillet peut-elle être encore attribuée à une assimilation de matières carbonées pénétrant dans la plante par la racine, et venant remplacer les hydrates de carbone, que les feuilles flétries ne peuvent plus élaborer? Le pavot ne fournit pas de ce mode d'alimentation de la plante un exemple aussi probant que l'*Hesperis maritima*, car c'est seulement le 2 août que nous voyons la plante absolument privée de feuilles.

La chute de celles-ci, coïncidant avec la persistance d'activité de la racine, nous fournit un bon exemple de dépérissement des feuilles dû au départ des principes qu'elles renfermaient. On ne peut attribuer leur mort à une dessiccation prématurée, puisque la racine reste intacte jusqu'à la dernière prise d'échantillons.

SILENE PENDULA. — Le *Silene pendula*, considéré à l'état normal, présente son maximum de poids le 11 juillet; plus tard la matière sèche continue à augmenter, mais la plante ayant perdu une quantité d'eau sensible, puisque l'humidité descend de 88,9 pour 100 le 11 juillet à 81,7 le 28, le poids de la plante normale a diminué.

L'accroissement de la matière sèche est très sensible pendant la première période de la vie qui précède la floraison : elle est de 930 milligrammes en vingt jours, ou de 46 milligrammes par jour;

l'époque de la maturation est caractérisée, comme pour les espèces précédentes, par un ralentissement remarquable dans l'élaboration

TABLEAU X

SILENE PENDULA

MATIÈRES DOSÉES	21 JUIN	11 JUILLET	28 JUILLET	5 AOUT	14 AOUT	22 AOUT
Poids d'une plante normale	4.3	12.80	9.33	8.65	11.5	3.84
Poids d'une tige normale	4.14	12.68	9.20	8.55	11.36	3.68
Poids d'une racine normale	0.16	0.22	0.13	0.10	0.14	0.16
Poids d'une tige sèche	0.40	1.37	1.66	2.08	2.9	1.19
Poids d'une racine sèche	0.3	0.04	0.02	0.035	0.04	0.203
Poids d'une racine 0/0 de tige	7.5	2.9	2.4	1.6	1.3	2.6
Eau 0/0 dans la tige	90.3	88.9	81.7	75.6	74.4	67.6
Eau 0/0 dans la racine	81.2	81.8	69.2	65.0	71.4	80.0
Cendres dans 100 parties de matière sèche	23.2	15.9	14.67	13.65	13.1	13.3
Cendres dans la tige	0.093	0.22	0.243	0.28	0.38	0.16
Azote dans 100 parties de matière sèche	3.73	2.9	2.2	2.6	1.2	1.9
Azote dans une tige	0.014	0.04	0.04	0.054	0.035	0.02
Observations sur l'état de la plante	.....	Complétement fleuri.	Défleuri.	Pieds se dessèchent.	Capsules formées, quelques pieds secs.	Complètement flétri.

de la matière sèche; en effet, l'accroissement du 11 juillet au 28, c'est-à-dire pendant dix-sept jours, n'est plus que de 290 milligram-

mes ou 17 milligrammes par jour; quand la crise de la maturation est terminée, l'accroissement reprend une nouvelle énergie : c'est ainsi que, malgré une dessiccation sensible, il y a une augmentation de matières sèches de 820 milligrammes du 5 août au 14, c'est donc 90 milligrammes par jour.

Pendant cette période, l'activité se porte, non seulement sur la tige, mais encore sur la racine, qui retrouve une quantité d'eau considérable; du 14 août au 22, le poids de la racine sèche a légèrement diminué, par suite de la séparation des radicelles mortes, ce qui explique la proportion d'eau constatée. Il est clair qu'au moment de la dernière prise d'échantillons on n'a recueilli que les racines de nouvelle formation.

Bien que la quantité centésimale des cendres reste constante, la quantité contenue dans la tige entière diminue brusquement le 22 août; les organes qui se sont séparés ont entraîné la matière minérale qu'ils renfermaient. Au moment de la dernière prise d'échantillons, la quantité totale d'azote a baissé, tandis qu'au contraire, la proportion centésimale des matières azotées s'est accrue. D'où il faut conclure que les feuilles tombées avaient perdu déjà une partie de leur matière azotée qui avait émigré vers la graine.

CONCLUSIONS.

En résumé, des observations consignées dans ce mémoire, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

1° Les changements de poids qui accompagnent la maturation des plantes annuelles conduisent à les classer en trois groupes distincts :

A. Les plantes qui diminuent de poids aussitôt après la floraison, et qui éprouvent un dépérissement graduel jusqu'à la mort (*Colinsia bicolor*, *Sinapis nigra*);

B. Les plantes qui éprouvent un affaiblissement qui se traduit par la diminution de la matière sèche, mais qui conservent pendant la maturation assez de vigueur pour montrer une recrudescence de végétation (*Eschscholtzia californica*, *Delphinum Ajacis*, *Convolvulus tricolor*, *Clarkia elegans*);

C. Les plantes qui continuent à augmenter de poids pendant

qu'elles mûrissent leurs graines (*Sinapis alba*, *Silene pendula*, *Hesperis maritima*, *Papaver somniferum*).

2° L'affaiblissement qui accompagne toujours la maturation, même dans le cas où elle n'est pas accompagnée d'une diminution de poids, paraît être dû au transport de la matière azotée, qui émigre des feuilles vers les graines et qui détermine le dépérissement ou même la mort d'un certain nombre d'organes foliacés.

3° La diminution des matières minérales contenues dans la plante entière s'explique, soit par la chute des organes, soit par la destruction, par combustion lente, des organes qui les renfermaient, destruction qui entraîne la dispersion de la matière minérale.

4° Aucune des observations consignées dans ce mémoire ne conduit à admettre le retour des matières minérales au sol par excrétion des racines.

RECHERCHES SUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'AVOINE

PAR MM.

P.-P. DEHÉRAIN

Professeur au Muséum et à l'École de Grignon.

et

MEYER

Chimiste attaché à la Station de Grignon.

4e ANNÉE D'OBSERVATIONS.

Les observations de 1879 ont été dirigées spécialement vers la solution des deux questions suivantes :

La perte de matière sèche qu'on observe parfois pendant les derniers jours de végétation de l'avoine sont-elles accidentelles ou se produisent-elles régulièrement ?

La faible proportion de matières azotées constatée dans la récolte de 1878[1], est-elle due à l'épuisement du sol qui portait pour la

1. Voy. *Annales agron.*, t. V, p. 145.

Le 16 août, on ne recueille plus, au lieu de 5321 kilogrammes d'avoine sèche à l'hectare, que 4983; il y a donc eu perte. A quelle cause attribuer cette perte? Il faut décider entre les deux hypothèses suivantes : ou bien les pieds que porte la surface examinée sont homogènes et alors la perte doit être attribuée à une combustion lente, les phénomènes d'oxydation dominant ceux d'assimilation; ou bien, au contraire, nous avons tout simplement assisté à une *maturation irrégulière*, les pieds mûrs se sont brisés, les graines sont tombées et c'est à leur disparition qu'est due la perte constatée.

Peut-être pourrait-on hésiter entre ces deux interprétations, si l'on n'avait, pour décider la question, la détermination d'humidité. Or, au lieu de 41,4 p. 100 d'eau dans la plante entière, chiffre trouvé le 13 août, nous obtenons, le 16 : 65,3, l'échantillon était mouillé par la pluie au moment où on l'a pesé, et l'on ne saurait rien conclure de précis de cette seule détermination, mais la même cause d'erreur n'existe ni pour les échantillons du 19, ni pour ceux du 22, or ils sont l'un et l'autre plus aqueux que celui du 13 août, ce qui ne peut s'expliquer que par la disparition des pieds secs et la persistance, au contraire, de ceux qui n'étaient pas arrivés à une maturité complète. Il est clair que les pieds les plus avancés, les plus secs, mais en même temps les plus riches en azote, ayant disparu, la teneur centésimale de l'humidité va augmenter, mais qu'en outre la quantité de matières azotées contenues dans la récolte entière diminuera. Et, en effet, au lieu de 484 kilogrammes de matières azotées constatés le 13 août, nous ne trouvons plus, le 16 août, que 394 kilogrammes.

Les chiffres trouvés le 19 août et le 22 accusent des pertes de plus en plus sensibles; cependant l'avoine entière a augmenté sa proportion centésimale d'azote, du 16 au 19, ce qui donne une nouvelle preuve que les pieds restés debout continuaient à assimiler; leur dessiccation, au reste, s'accentue de plus en plus, et au moment où l'on abat les dernières parcelles, le 22 août, on est revenu au chiffre d'humidité du 13, mais la récolte sèche au lieu d'être de 5321 kilogrammes, comme au jour de la moisson, n'est plus que de 3622; cette récolte tardive ne renferme plus que 285 kilogrammes de matières azotées au lieu de 484.

Ainsi les résultats constatés en 1879 sont dus, pour nous, à une inégale maturité de l'avoine ; et de plus à une cause accidentelle : le 15 août le champ d'essais a eu à supporter un violent orage qui a brisé et dispersé les pieds déjà arrivés à maturité et incapables

de résister à la violence du vent, ce qui a sans doute augmenté les pertes constatées.

Migration des principes immédiats. — Comme les années précédentes, on a divisé les récoltes obtenues sur les diverses parcelles à mesure qu'on a prélevé les échantillons, en deux parties, on les a desséchés et on a déterminé l'azote et les cendres.

Si les prises d'échantillons s'étaient arrêtées le 13 août au moment de la moisson, la migration nous semblerait s'être produite avec une parfaite régularité : le poids des épillets augmente, tandis que celui des chaumes diminue, la matière azotée s'accroît dans les épillets, elle y atteint le chiffre normal de 12,37, tandis qu'elle tombe à 3 0/0 dans les chaumes; ce sont là des chiffres que nous avons eu à signaler plusieurs fois dans les études antérieures, et ils confirment simplement les résultats déjà obtenus par nombre d'observateurs et par nous-mêmes.

Mais si nous examinons les chiffres fournis après le 18 août, au moment des prises d'échantillons du 16, du 19 et du 22, nous constatons des faits tout à fait inattendus : la décroissance des matières azotées dans les épillets le 16 août n'a rien qui nous surprenne, l'avoine perd des graines; mais le 19 août, les épillets retrouvent 11,3 de matières azotées, puis retombent à 10,0 le 22 août ; dans les chaumes l'enrichissement est encore bien plus sensible et les nombres trouvés dépassent ceux du 30 août et même du 22 juillet.

Nous rappellerons que le 15 août le champ d'expériences a reçu une pluie abondante, ce que démontre la quantité d'eau constatée dans l'échantillon du 16 août. Sous l'influence de cette pluie, tous les pieds qui n'avaient pas encore terminé leur évolution ont éprouvé un nouveau moment de végétation, ils ont assimilé des matières azotées, qui, fixées d'abord dans les chaumes, ont passé ensuite dans les épillets dont nous constatons l'enrichissement le 19.

Examinons maintenant comment cette recrudescence de végétation, démontrée par la composition centésimale des chaumes et des épillets, influe sur la composition de la récolte, et nous trouvons que si le 16 les épillets sont un peu plus lourds que le 13, ils diminuent de poids le 19 et le 22 ; quant aux chaumes la diminution est régulière du 31 juillet au 22 août. Dans les épillets la matière azotée décroît constamment, mais dans les chaumes il y a une recrudescence le 16 août.

Il n'est pas difficile de comprendre à quelle cause il faut rappor-

TABLEAU II[1]. — TRANSPORT DES PRINCIPES IMMÉDIATS DANS L'AVOINE.

AVOINE ENTIÈRE.

		31 juillet.	13 août.	16 août.	19 août.	22 août.
Pour 100 de récolte.	Épillets........	38.47	45.8	53.4	56.14	51.61
	Chaumes.......	61.53	54.2	46.6	43.86	48.39
	ÉPILLETS.					
Sur 100 parties.	Azote..........	1.65	1.98	1.75	1.80	1.62
	Matières azotées	10.31	12.37	10.93	11.3	10.0
	Cendres........	5.13	5.98	5.53	4.48	4.67
	CHAUMES.					
Sur 100 parties.	Azote..........	0.62	0.48	0.72	0.72	0.90
	Matières azotées	3.87	3.00	4.50	4.50	5.62
	Cendres	5.63	5.27	6.05	5.19	4.25
	AVOINE ENTIÈRE.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Pour la récolte d'un hectare.	Épillets........	1862	2427	2660	2120	1870
	Chaumes	2978	2894	2322	1656	1752
	ÉPILLETS.	kil.				
Pour un hectare.	Matières azotées	192	299	290	239	188
	Cendres........	95.5	145	147	95	87
	CHAUMES.					
Pour un hectare.	Matières azotées	106	87	106	74	98
	Cendres	167	157	140	85	73

1. Tous les chiffres du tableau n° II ont été obtenus directement, il ne faut donc

ter ces résultats : tandis que les pieds encore vivants ont continué d'assimiler pendant la fin du mois d'août, ceux qui sont arrivés au terme de leur développement ont disparu, de telle sorte que les chiffres trouvés indiquent la différence qui existe entre l'accroissement des pieds vivants et la disparition des pieds secs.

Au point de vue pratique, on voit que le jour de la moisson a été bien choisi et que si on l'avait retardé jusqu'au 22, les pertes auraient été énormes, l'avoine récoltée aurait renfermé dans ses épillets 111 kilos de matières azotées de moins que le 13 août

Il résulte donc des faits précédents que l'avoine, en 1879, a mûri sa graine tout en augmentant son poids; les pertes ne sont devenues sensibles qu'en laissant la récolte sur pied, plusieurs jours après la moisson, et il semble qu'il en faille conclure que les pertes constatées les années précédentes, en 1876 et en 1878 notamment, sont accidentelles, elles sont dues à une inégale maturation de la plante, inégale

pas s'étonner si les nombres qui représentent la composition des épillets combinés à ceux des chaumes ne représentent pas exactement ceux de l'avoine entière.

Ils ne s'en écartent, au reste, que médiocrement, ainsi qu'on pourra s'en convaincre en les comparant à ceux du tableau I.

Les chiffres que nous donnons dans le tableau ci-contre sont calculés de la façon suivante :

100 gr. d'épillets renferment 1.65 d'azote (31 juillet)
38.47 — x' — —

$$x = \frac{1.65 \times 38.47}{100} = 0.63.$$

100 gr. de chaumes renferment 0.62 d'azote (31 juillet)
61.53 — x' — —

$$x' = \frac{0.62 \times 61.53}{100} = 0.38.$$

Il est clair que la somme de l'azote des épillets et des chaumes doit donner l'azote de l'avoine entière au même moment, or :

$$0.38 + 0.63 = 1.01$$

On avait trouvé directement 1.08. Les autres chiffres du tableau sont calculés par la même méthode.

COMPOSITION DE L'AVOINE ENTIÈRE CALCULÉE.

	31 juillet	13 août	16 août	19 août	22 août
Azote................	1.01	1.14	1.35	1.42	1.27
Matières azotées.......	6.44	9.04	8.56	8.28	7.93
Cendres...............	5.43	5.57	5.76	4.78	4.46

On reconnaîtra sans peine que les différences qui existent entre les chiffres trouvés et les chiffres calculés ne sont pas de nature à ébranler les conclusions que nous pouvons tirer de nos déterminations.

maturation qui s'accentue avec la plus grande netteté en 1879; cette année-là ayant été tardive, les pertes dues à l'affaiblissement des plantes arrivées à complète maturité ont pu être évitées. Au moment de la moisson, le 13 août, on a certainement récolté des pieds dans lesquels l'évolution n'était pas complète, mais la maturation peut s'achever quand ces pieds sont abattus et mis en moyette, et du même coup les pieds déjà mûrs sont soustraits aux influences atmosphériques; pendant une année tardive comme 1879, on évite donc les pertes qui se produisent pendant les derniers jours de végétation dans les années plus hâtives.

Épuisement de la parcelle cultivée sans engrais. — Ainsi qu'il a été dit plus haut, nous avions été très frappés de la pauvreté de la récolte obtenue en 1878 sur notre parcelle sans engrais: le 31 juillet, les épillets ne renfermaient que 89,4 de matières azotées; de plus, l'analyse des graines après la récolte[1] ne donnait qu'une quantité très faible de matières azotées. Cette faiblesse était-elle due à un épuisement du sol ou, au contraire, à l'influence de la saison.

Si nous examinons le tableau des récoltes totales d'avoine[2] nous voyons qu'en 1878 le rendement a été très abondant, particulièrement en paille, nous avions en moyenne à l'hectare 6056 kilos de paille, ce qui est un chiffre exceptionnel; or, la seconde parcelle sans engrais, traitée absolument comme celle qui a fourni les chiffres consignés dans le mémoire de 1878, a fourni 5885 de paille, ce qui n'est guère au-dessous de la moyenne; la plante était au reste très aqueuse; au moment où elle a été abattue, elle renfermait encore 45 p. 100 d'eau; elle s'était desséchée déjà quand elle a été pesée, mais elle devait être plus humide que les années précédentes, de là sans doute un chiffre un peu trop fort; quoi qu'il en soit, le nombre obtenu fait voir que le sol n'était pas en très mauvais état; en outre, la récolte de 1879 ayant été plutôt abondante que mauvaise sur la parcelle sans engrais, nous devons renoncer à attribuer à un épuisement du sol la faible quantité de matière azotée que renfermait l'avoine en 1878. Or si la mauvaise qualité du grain ne peut pas être attribuée à l'épuisement du sol, elle est due à l'influence de la saison, et il importe d'y insister.

Reprenons donc l'examen comparé des deux récoltes de 1878 et

1. Voy. *Annales agronom.*, t. V, p. 144.
2. Tome VI, p. 90. 1880.

de 1879 : nous constatons qu'en 1878, le 5 juillet, au moment de la première prise d'échantillons, la récolte entière pèse sèche 5362 kilos, tandis qu'elle n'en pèse que 4843 en 1879. Cependant dans ces deux récoltes nous trouvons le même poids de matières azotées, 327 kilos : ainsi, le sol a pu fournir, à un an de distance, le même poids de matières azotées, mais il faut remarquer que si les deux récoltes de 1878 et de 1879 renferment, au moment de la première prise d'échantillons, un poids égal de matières azotées, cette première analyse a eu lieu à des époques très différentes : le 5 juillet 1878 et le 31 juillet 1879. Mais en 1878, il s'est passé un fait très curieux sur lequel nous n'avons pas assez insisté dans le mémoire consacré à l'étude de cette récolte. Le poids total d'avoine développé sur un hectare augmente du 5 au 20 juillet, il passe de 5000 kilos environ à 6000 kilos, et cependant la matière azotée n'y augmente pas, elle diminue même légèrement; il en est encore de même du 20 au 26; la récolte sèche atteint 6904 kilos, et la matière azotée totale diminue encore légèrement.

Ainsi, l'influence de la saison est telle, que les hydrates de carbone continuent à se produire, bien que le sol, lavé par les pluies excessives de cette année 1878, ne puisse plus fournir de matières azotées; la quantité d'azote contenue dans la récolte le 5 juillet n'augmentant plus, bien que la récolte elle-même éprouve un accroissement notable, le chiffre centésimal de la matière azotée va fatalement en diminuant. Nous avions tort évidemment de dire dans notre étude de la troisième année d'observations, que le sol était appauvri, puisqu'en 1879 il a donné une bonne récolte; il aurait fallu dire : *appauvri momentanément.*

Ainsi la récolte de 1878 a été abondante, mais de mauvaise qualité, parce que les pluies ont fait descendre dans le sous-sol les aliments nécessaires à l'enrichissement de l'avoine qui n'a pu nourrir ses grains, et nous trouvons une preuve à l'appui de cette opinion dans la composition des grains récoltés sur les diverses parcelles. En effet, si l'on se reporte aux analyses de la page 146 (tome V), on reconnaît que la parcelle qui a reçu le fumier a donné des grains présentant une composition normale; et, en effet, les principes solubles du fumier sont facilement retenus dans le sol; la parcelle 53, sans engrais, qui est précisément celle sur laquelle ont porté les dosages, a donné des grains très pauvres renfermant près de moitié

moins d'azote qu'un grain normal, et la parcelle 55, qui avait reçu de l'azotate de soude, a fourni également des grains très pauvres, beaucoup plus pauvres que 59 qui avait été amendé avec du sulfate d'ammoniaque; or, il est bien connu que les azotates sont bien mieux entraînés dans le sous-sol par les eaux fluviales que les sels ammoniacaux.

Nous saisissons donc là un exemple très intéressant de l'influence de la saison sur la qualité de la récolte, et le point sur lequel il convient d'insister, c'est que cette pauvreté s'est accusée seulement sur les épillets. Il y a là un fait tout à fait remarquable: en 1878 et en 1879, au moment du maximum de récolte, nous trouvons dans les chaumes à peu près la même quantité de matières azotées pour 100 parties de matières sèches; mais, en 1879, nous constatons 12,37 de matières azotées dans 100 parties d'épillets, tandis qu'en 1878 nous n'en trouvons que 6,50.

Il semblerait que, même dans les années où la matière azotée fait défaut, les épillets ne peuvent bénéficier que d'une fraction de l'azote contenu dans les chaumes, et que ceux-ci, non seulement ne se dépouilleraient pas d'une façon complète, mais conserveraient toujours une certaine quantité de matière azotée qui ne pourrait être entraînée vers les épillets.

Si la matière azotée est abondante, les épillets s'enrichissent; beaucoup renferment plus de 15 p. 100 de matières azotées, et les chaumes restent très chargés; ils renferment dans ce cas l'excédent qui n'a pu être utilisé par les épillets. Nous avons constaté un exemple de cette richesse des grains et des chaumes en 1877. Voyez *Ann. agron.*, t. III, p. 503.

Les résultats observés en 1878, éclairés par ceux de 1879, sont donc très instructifs, ils démontrent qu'une récolte abondante peut être obtenue sur un sol très appauvri des engrais solubles qu'il renfermait; que, par suite, la quantité d'azote contenue dans le sol ne décide pas le poids de la récolte que ce sol portera. Ce poids est influencé surtout par la saison, et, dans le cas particulier de 1878, par l'excès d'humidité qui caractérise cette année-là.

Ce que décide l'abondance de l'engrais, c'est la qualité de la récolte, ou plus strictement la proportion de matières azotées qu'elle renfermera; or, nous le répétons parce que le fait est nouveau, ce n'est même pas la quantité d'azote contenue dans le chaume qui éprouvera les plus grandes variations, ce sera celle qui sera contenue

dans les épillets, et par suite dans les grains, qui ne paraissent pouvoir prendre qu'un certain excédent disponible dans les chaumes; ceux-ci, même dans une année où la matière azotée fait défaut, n'arrivant jamais à se dépouiller complètement.

Proportions des cendres contenues dans l'avoine en 1878 *et* 1879. — La quantité de cendres contenues dans l'avoine est très faible en 1879, inférieure, au moment de toutes les prises d'échantillons, à ce qu'elle était pendant les autres années, et notamment en 1878 où la récolte étudiée provenait, comme en 1879, de la parcelle constamment restée sans engrais; au moment du maximum, le 13 août, en 1879, nous trouvons 5,98 de cendres dans les épillets, et 5,27 dans les chaumes; en 1878, le 20 juillet, 6,90 de cendres dans les épillets et 7,50 dans les chaumes: la différence est considérable.

On a voulu savoir sur quel élément portait principalement la diminution constatée. On a cherché le silice dans les chaumes de 1878 et dans ceux de 1879; les dosages, au nombre de six pour 1878 et de huit pour 1879, ont donné en moyenne :

1878. Silice pour 100 de cendres	54.48
1879. Silice —	37.19

Cette faible quantité de silice, dans une plante développée normalement, est fort curieuse, nous y reviendrons dans le mémoire suivant qui comprend les observations de 1880; mais si l'on était assez disposé à n'accorder à l'acide silicique qu'une médiocre influence sur le développement de l'avoine jusque dans ces derniers temps, un travail tout récent de M. Wolf dont on trouvera plus loin la traduction, semble indiquer que la silice présente pour la croissance régulière de l'avoine plus d'importance qu'on ne le pensait.

En résumé, des observations contenues dans ce mémoire il résulte nettement :

1° Que les pertes de matière sèche observées pendant les dernières semaines de la maturation de l'avoine ne se produisent pas forcément, et qu'au contraire, en 1879, l'avoine a mûri sa graine tout en augmentant le poids de sa matière sèche.

2° Que la faible quantité d'azote contenue dans les grains d'avoine récoltée en 1878 ne peut être attribuée qu'à un épuisement momentané du sol, dû aux lavages prolongés que lui a fait subir le grand excès d'humidité de la saison de 1878. En effet, en 1879, les parcelles sans engrais ont donné une récolte moyenne présentant

une composition analogue à celle qu'on attribue d'ordinaire à l'avoine.

3° Le manque de matières azotées solubles dont a souffert la récolte de 1878 n'a pas influencé sensiblement le poids total de la récolte, il n'a pas non plus modifié profondément la composition des chaumes, mais il a exercé sur la composition des grains une influence des plus fâcheuses, ces grains ne renfermant que la moitié ou les deux tiers des matières azotées qu'on y dose habituellement.

RECHERCHES SUR LE DÉVELOPPEMENT DE L'AVOINE

PAR MM.

P.-P. DEHÉRAIN

Professeur au Muséum d'histoire naturelle et à l'École d'agriculture de Grignon,

ET

NANTIER

Répétiteur de chimie à l'École de Grignon.

5e ANNÉE D'OBSERVATIONS.

En 1880, nos observations ont porté comme les années précédentes sur l'avoine récoltée sur la parcelle 53, qui depuis l'origine est restée sans engrais; ce choix est justifié surtout parce qu'il nous met à l'abri d'une distribution inégale d'engrais qui pourrait nous induire en erreur sur la marche du développement de la plante; l'influence de la saison et celle de l'épuisement du sol sont donc seules en jeu, et comme le sol fertile de notre champ d'expériences donne, après six ans de culture continue de l'avoine sans engrais, une récolte moyenne, nous n'avons guère à tenir compte, dans les comparaisons que nous allons établir, des résultats obtenus en 1880, avec ceux des années précédentes, que de l'action qu'exercent les conditions climatologiques.

On a fait en 1880 quatre prises d'échantillons; comme les années précédentes on a coupé simultanément deux bandes d'avoine de 10 mètres carrés, les nombres trouvés sont inscrits au tableau n° II, on a ensuite desséché à l'étuve, séparé les épillets des chaumes et rocédé au dosage des cendres et des matières azotées.

Développement de l'avoine en 1880. — Nous constatons d'abord qu'en 1880, comme en 1879, le moment de la moisson, 6 août, est celui du maximum; les pertes constatées pendant les dernières semaines de végétation, en 1876 et en 1878, sont donc purement accidentelles; quand le temps est favorable, elles ne se produisent pas. L'avoine, ainsi que nous le faisaient prévoir les résultats exposés dans le mémoire précédent, est une plante qui mûrit sa graine en augmentant le poids de sa matière sèche. Non seulement, en 1880, pendant les dernières semaines de végétation, l'augmentation a été considérable, puisque nous passons de 3380 kilos à l'hectare à 4907, mais aussi la migration se fait très complètement; en effet, les épillets pèsent à l'hectare 1157 kilos le 18 juillet, et 2226 kilos le 7 août, tandis que les chaumes ne passent pendant cette période de temps que de 2223 kilos à 2681, l'accroissement est, pour la partie supérieure de la plante, de 1069 kilos et de 458 seulement pour le bas.

Si nous consultons l'ensemble des chiffres obtenus sur les diverses parcelles du champ d'expériences, nous trouvons que la récolte de 1880 n'est que médiocre; après 1877, c'est la plus faible des six années d'expériences.

En nous reportant aux tableaux météorologiques, nous constatons que l'année 1880 est particulièrement caractérisée par la sécheresse du mois de mai; il n'est tombé, pendant cette époque, que 4^{mill},79 d'eau; le mois d'avril, en outre, n'avait pas été très pluvieux, cette sécheresse persistante a déterminé un retard marqué dans la végétation; le mois de juin a été pluvieux; il est vrai, le mois de juillet, chaud, mais le temps perdu en mai n'a pu être retrouvé, et la récolte est restée faible.

Comparaison de la récolte de 1880 *avec les précédentes.* — Ainsi 1880 est une année tardive, et il est intéressant de la comparer aux années précédentes, particulièrement au sujet de la perte de matière sèche qui se produit parfois pendant les dernières semaines.

Nous avons constaté, en 1876, une perte considérable pendant les dernières semaines, une perte très faible en 1877, une très forte en 1878, tandis qu'en 1879 et en 1880, nous avons eu, au contraire, une augmentation du poids de la matière sèche; à quelle cause peut-on attribuer ces divergences? Il est clair que pour qu'une plante cesse d'augmenter son poids, il faut que les cellules ne puissent plus élaborer de nouveaux produits; or, la cause habi-

tuelle de mort d'une feuille est la dessiccation, cherchons donc quelles sont les quantités d'eau contenues dans la plante pendant la dernière quainzaine de juillet, et nous trouverons les résultats suivants :

ANNÉES.	ÉPOQUE de la prise d'échantillon.	EAU dans 100 parties de plante entière.	POIDS de la récolte d'un hectare.	
			au moment de la prise d'échantillons.	au moment de la moisson.
1876........	15 juillet..........	51.51	—	—
1877........	25 juillet..........	67.51	9638	9340
1878........	26 juillet..........	47.20	6904	4937
1879........	3 juillet..........	63.08	4883	5321
1880........	18 juillet..........	68.16	3380	4907

Les échantillons étudiés en 1876 et en 1877 ont été pris sur des parcelles fumées ; nous n'avons pas de chiffres précis pour la récolte totale de 1876, mais le 28 juin on comptait 9600 kilos à l'hectare et seulement 7120 kilos le 27 juillet ; la faiblesse de ce dernier chiffre nous a paru devoir tenir à une mauvaise prise d'échantillons, aussi nous n'y insistons pas ; nous savons seulement que la récolte a été beaucoup plus faible au moment de la moisson que quelques semaines auparavant ; il résulte nettement de ces comparaisons que lorsque la dessiccation est lente, comme en 1877, 1879 et 1880, les pertes pendant les dernières semaines sont faibles ou nulles.

La quantité d'eau trouvée dans la récolte aux diverses époques des prises d'échantillons peut être attribuée ou bien à des pieds uniformes ayant tous accompli régulièrement leur évolution et arrivés simultanément à un certain état de dessiccation indiqué par le chiffre trouvé ; ou bien à la moyenne qui s'établit entre des pieds très secs mélangés à d'autres très humides, ce qui se produira quand la croissance a été irrégulière et que l'échantillon est composé de plantes parvenues à des états d'avancement très différents.

Nous avons eu un exemple de ces dessiccations irrégulières dans les chiffres constatés en 1879. Au moment de la troisième prise d'échantillons, on a trouvé que, du 13 au 16 et au 19 août, la récolte à l'hectare avait subi une perte sensible, et qu'en outre, la proportion centésimale d'humidité était plus forte le 19 que le 13, ce qui démontrait clairement la disparition des pieds déjà arrivés à la fin de leur évolution.

Ainsi, même lorsque les années sont tardives, comme en 1877,

1879 et 1880, on abat au moment de la moisson des pieds déjà arrivés à complète maturité en même temps que d'autres qui ont encore besoin de quelques jours pour mûrir complètement; si l'on retarde la moisson, on l'expose à la perte des pieds déjà mûrs qui disparaissent aussitôt que des orages ou des vents violents viennent les briser et qui, dans tous les cas, perdent aisément leurs graines; toutefois dans ces années tardives, le nombre de pieds ainsi en avance sur les autres est relativement restreint, l'évolution de la plante se continue jusqu'à la moisson et les pertes sont faibles ou nulles, mais il n'en est plus ainsi dans les années où la maturation est plus rapide, et pendant les derniers jours qui précèdent la moisson, les pertes dues à la chute des pieds mûrs peuvent être parfois considérables, ainsi que nous l'avons constaté en 1876 et en 1878.

C'est donc dans le cas où la récolte est la plus tardive que les pertes de matière sèche sont moindres; et il semblerait au premier abord que ce fût là une condition d'une récolte abondante; or, si nous cherchons, d'après le tableau de la page 90, tome VI, les poids des récoltes moyennes constatés sur l'ensemble des parcelles du champ d'expériences, nous trouvons les chiffres suivants :

	Récolte totale.	Poids de la paille.	Poids du grain.	Années.
1876..........	7733	4773	2959	hâtive
1877..........	5197	3957	1322	tardive
1878..........	8283	6056	2230	hâtive
1879..........	6123	4416	1616	tardive
1880..........	5600	3960	1640	tardive

Il se trouve donc que, contrairement à ce qu'on aurait pu croire, les récoltes les plus tardives, celles dans lesquelles on n'a constaté pendant les derniers jours de la végétation qu'une perte très faible de matière sèche, sont cependant celles qui donnent les récoltes les plus faibles.

En y réfléchissant bien, on peut cependant arriver à le comprendre. Quand la récolte est hâtive, il est clair que la plante a trouvé, dès les premiers mois de son développement, toutes les conditions favorables à sa croissance; elle a eu, du mois d'avril au mois de juillet, la somme de lumière et de chaleur, la quantité d'eau nécessaires à son évolution; la matière élaborée dans ces conditions est considérable; si la récolte est tardive, au contraire, il faut en conclure que pendant les trois mois de végétation active un des facteurs de la production végétale a fait défaut. En 1880,

c'est l'humidité qui manque pendant tout le mois de mai, la végétation languit, les pluies de juin lui donnent un vif élan, mais il y a toujours eu un mois de faible activité, et la perte qu'a occasionnée l'arrêt de mai n'a été réparée que partiellement.

Composition de l'avoine à diverses époques. — La proportion centésimale de l'azote dans l'avoine entière (tableau n° I) croît légè-

TABLEAU I. — COMPOSITION CENTÉSIMALE DE L'AVOINE A DIVERSES ÉPOQUES DE SA CROISSANCE.

	6 JUILLET.	12 JUILLET.	18 JUILLET.	7 AOUT.
		AVOINE ENTIÈRE.		
Humidité	77.8	73.67	68.16	17.25
Azote dosé	1.45	1.50	1.36	1.13
Matières azotées	9.06	9.37	8.5	7.06
Cendres	6.68	6.10	4.68	5.03
		ÉPILLETS.		
Humidité	66.58	64.99	59.18	12.79
Azote dosé	1.36	1.30	1.61	1.83
Matières azotées	8.49	8.12	10.06	11.48
Cendres	4.60	3.80	3.90	3.90
		CHAUMES.		
Humidité	79.1	78.2	71.4	20.61
Azote dosé	1.46	1.57	1.28	0.55
Matières azotées	9.12	9.81	7.8	3.4
Cendres	7.20	6.90	5.0	5.9

rement du 6 juillet au 12, puis décroît ensuite régulièrement; cette diminution, toutefois, n'est que relative, car si l'on examine le tableau n° II, on reconnaît que la quantité totale de matières azotées contenues dans l'avoine entière va sans cesse en augmentant. La diminution de la proportion centésimale de l'azote est donc due exclu-

TABLEAU II. — AVOINE RÉCOLTÉE A L'HECTARE.

		6 JUILLET.	12 JUILLET.	18 JUILLET.	7 AOUT.
		kil.	kil.	kil.	kil.
Récolte verte	1re pesée..	9444	10170	11110	5861
	2e pesée..	10888	10860	11167	6000
	Moyenne..	10176	10515	11138	5930
Récolte sèche	1re pesée..	2097	2679	3545	4850
	2e pesée..	2218	2819	3215	4965
	Moyenne..	2157	2749	3380	4907
Pour 100 de matière sèche	Épillets...	15.76	25.44	34.26	45.31
	Chaumes..	84.24	74.56	65.74	54.69
Épillets secs.		340.5	659.3	1157	2226
Chaumes secs.		1816.2	1889.7	2223	2681

COMPOSITION DE LA RÉCOLTE D'UN HECTARE.

AVOINE ENTIÈRE.				
	kil.	kil.	kil.	kil.
Matières azotées......	1954	2576	2873	3435
Cendres.............	1441	16717	1580 !	2464
ÉPILLETS.				
Matières azotées......	324	535	1157	2430
Cendres.............	151	250	451	868
CHAUMES[1].				
Matières azotées......	1651	1852	1734	875
Cendres.............	1337	1303	1111	1581

1. Ces nombres ont été obtenus directement, ils ne représentent donc pas exactement la différence entre l'avoine entière et les épillets.

sivement à une élaboration de matières carbonées surpassant celle de l'azote; on voit, en effet, que le poids des chaumes augmente du 8 juillet au 7 août, ce qui annonce l'élaboration de nouvelles proportions de cellulose. En 1878, la quantité totale d'azote contenue dans la récolte avait été au contraire en diminuant à partir du 20 juillet, et à partir du 11 juillet en 1877.

Le transport des matières azotées des chaumes vers les épillets s'est produit enfin très lentement en 1880. Le 10 juillet, le bas des tiges renferme encore plus d'azote que la partie supérieure; en 1876, dès le 24 juin, les épillets sont plus riches que les chaumes; en 1877, la différence ne s'accuse que le 11 juillet, ce qui s'accorde bien avec le caractère tardif de ces saisons. La lenteur de la migration est bien loin cependant de l'empêcher d'être complète; en effet, le 7 août, les chaumes ne renferment plus que 3,4 de matières azotées, tandis que les épillets en contiennent 11,48. Les matières azotées se répartissent de la façon suivante : 243 kilogrammes dans le haut de la tige et seulement 87,5 dans la graine.

Nous avons déterminé la richesse en azote des grains recueillis sur diverses parcelles et nous avons reconnu de nouveau qu'on ne pouvait attribuer à un épuisement permanent du sol la pauvreté en azote des grains récoltés en 1878; on jugera de l'influence que peut exercer la saison sur la richesse en azote des grains par les chiffres suivants :

	Azote pour 100 de grains desséchés.	
	1878.	1880.
Parcelle 49 fumier	2.10	2.18
— 53 sans engrais	1.09	2.33
— 55 azotate de soude	1.45	»
— 51 azotate de soude	»	2.52
— 59 sulfate d'ammoniaque	1.83	»
— 56 sulfate d'ammoniaque		2.32

Ce qui correspond, pour les matières azotées, aux chiffres suivants :

	Matières azotées pour 100 de grains.	
	1878.	1880.
Parcelle 49 fumier	13.75	13.62
— 53 sans engrais	6.81	14.56
— 55 et 51 azotate de soude	9.06	15.75
— 59 et 56 sulfate d'ammoniaque	11.43	14.50

Si l'on compare les quantités d'eau tombées en 1878 et en 1880, on trouve les chiffres suivants :

	Millimètres d'eau tombés à Grignon en	
	1878.	1880.
Avril	75.2	47.34
Mai	114.6	4.73
Juin	83.6	102.57
Total	273.4	154.64

Ainsi qu'il a été dit plus haut, en 1880, le mois de mai a été d'une sécheresse exceptionnelle, ce qui occasionna le retard du développement de l'avoine; cette sécheresse a probablement favorisé l'ascension des couches profondes du sol des nitrates qui y sont contenus; ces nitrates dissous par les pluies de juin ont sans doute, été assimilés, de là la richesse en azote de la parcelle 51 et de la parcelle 53 qui, n'ayant pas reçu d'engrais, nourrit son avoine avec les nitrates qui s'y produisent spontanément.

Il en a été tout autrement en 1878, les nitrates ont été dissous et entraînés profondément, hors de la portée des racines de l'avoine, et, tandis que 49, qui était bien garnie de fumier, a donné des grains d'une richesse normale, 53 et 55 ont donné des grains très pauvres, tandis que 56, qui avait reçu un sel ammoniacal, mieux retenu par la terre arable que les nitrates, a conservé une richesse moyenne. Ainsi, nous le répétons, l'épuisement du sol en 1878 n'a été que momentané et dû à l'influence d'une saison remarquablement humide.

Ces observations nous fournissent donc un exemple très curieux de l'influence des saisons sur la richesse en azote des grains d'avoine.

Proportions des cendres contenues dans l'avoine en 1880. — Nous avons déjà insisté, dans le mémoire précédent, sur la petite quantité de cendres contenues dans l'avoine et particulièrement dans les chaumes, nous retrouvons encore, en 1880, des proportions de matières minérales très faibles. Pour être certains que nous n'avions été victimes d'aucune illusion, nous avons procédé à de nouveaux dosages de cendres, et dans ces cendres nous avons cherché la silice; nous avons ainsi trouvé les chiffres suivants :

CHAUMES D'AVOINE (1880).

	CENDRES dans 100 de matière sèche.	SILICE dans 100 de cendres.	SILICE dans 100 de matière sèche.
6 juillet	7.27	33.95	2.46
12 juillet	6.91	31.95	2.19
18 juillet	6.003	42.92	2.57
7 août	6.68	43.79	2.92

A l'exception du 7 août, les chiffres trouvés dans ces secondes déterminations se confondent avec les premiers pour la quantité de cendres contenue dans 100 de matières sèches; nous trouvons enfin dans 100 de cendres des quantités de silice beaucoup plus faibles qu'en 1878, mais analogues à celles de 1879; ce qui nous frappe dans la détermination de 1880, c'est que la quantité de silice contenue dans 100 de cendres va en augmentant de la première prise d'échantillons à la dernière. Le 7 août, la silice atte nt 43,79, tandis que le 6 juillet l'avoine n'en renfermait pas 34 p. 100, et ces différences nous mettent sur la voie de la cause à laquelle il faut attribuer la faiblesse des chiffres de 1879 et de 1880. Nous avons vu que ces deux années étaient très tardives, nous avons reconnu que la graine avait mûri, tandis que la plante augmentait encore son poids; il est donc certain que, en 1880, l'avoine, au moment de la moisson, atteignait seulement la maturité; il en a été tout autrement en 1878; puisque nous avons constaté cette année-là que le poids de la récolte sèche n'augmente que médiocrement du 5 juillet au 20, très faiblement du 20 au 26, et enfin diminue du 26 au 31; la plante étai donc arrivée à un complet développement et c'est là sans doute la cause de la quantité considérable de matières minérales qu'elle a prise.

On sait, en effet, depuis longtemps, que la proportion de cendres contenues dans les feuilles augmente avec leur âge; or, la saison hâtive en 1878, tardive en 1879 et en 1880, nous conduit à assimiler l'avoine de 1878 à de vieilles feuilles riches en matières minérales, et celle de 1879 et de 1880, à de jeunes feuilles qui ne renferment que de faibles proportions de matières minérales.

Nous sommes donc conduits encore à rapporter à la saison, plutôt qu'à l'épuisement du sol, la pauvreté en silice de notre récolte de 1880.

Conclusions. — I. Pendant l'année 1880, l'avoine a mûri sa graine

tout en augmentant le poids de sa matière sèche; les observations de cette année confirment donc celles de 1879 et montrent que les pertes observées en 1876 et 1878 sont dues au caractère particulier de ces saisons.

II. En comparant la marche de la végétation de l'avoine pendant les cinq dernières années, nous reconnaissons que bien que les pertes de matière sèche aient été notables pendant les années hâtives 1876 et 1878, ces années-là ont cependant fourni des récoltes plus abondantes que les années tardives 1877, 1879 et 1880.

III. La quantité de cendres augmente dans les plantes herbacées avec leur âge; si les chaumes d'avoine renferment moins de cendres en 1879 et en 1880 qu'en 1878, et si ces cendres renferment moins de silice, il est probable que cette diminution doit être attribuée au caractère tardif de la saison qui a conduit à récolter des plantes ayant à peine terminé leur évolution, plutôt qu'à un manque de silice soluble dans le sol du champ d'expériences.

ESSAIS SUR LA VALEUR AGRICOLE DU CUIR MOULU

Par A. PETERMANN

Directeur de la Station agricole de Gembloux.

Le vieux cuir réduit en poudre, après avoir été traité par la vapeur surchauffée ou par torréfaction, occupe une des premières places parmi les déchets industriels utilisés par l'agriculture. Les fabriques qui préparent cette matière sont nombreuses[1] et la quantité produite annuellement est très considérable. L'utilisation rationnelle des déchets de l'industrie intéresse non seulement l'agriculture, mais aussi l'hygiène publique; elle mérite donc tous les encouragements possibles. Il ne faut cependant pas demander à l'agriculture de consommer ces produits uniquement pour en débarrasser l'industrie. Ce n'est pas en effet parce qu'une matière renferme de l'azote, de l'acide phosphorique ou de la potasse, qu'elle est nécessairement un engrais. Il faut que l'agriculture

1. *Les matières fertilisantes à l'exposition de Paris.* Bruxelles, 1880, page 14.

montre vis-à-vis de matières de ce genre une réserve prudente jusqu'au moment où l'expérience a établi qu'elle peut les employer avec profit. Soumettre ces matières à des expériences comparatives avec des engrais à effets connus nous semble d'autant plus nécessaire qu'il s'agit de produits très chers, cette dernière considération s'applique particulièrement au cuir moulu; en effet, le kilog. d'azote qu'il renferme coûte 1 fr. 75 à 2 fr. 20, c'est-à-dire les 2/3 du prix du kilog. d'azote sous forme de sulfate d'ammoniaque ou de nitrate de soude.

L'état physique du cuir moulu ne laisse ordinairement rien à désirer. On est arrivé à le réduire en poudre d'une finesse extrême, et conséquemment, à augmenter considérablement la surface d'attaque qu'il présente à l'action de l'eau, de l'oxygène, etc. D'autre part, il est facile de se convaincre que le traitement auquel on soumet le vieux cuir lui enlève une forte partie de l'acide tannique absorbé par la peau lors du tannage. On doit cependant se demander si la quantité qui reste et qui est encore très appréciable par les réactifs chimiques ordinaires ne protège pas pour longtemps le cuir contre les attaques des agents dissolvants du sol.

La décomposition du cuir, qui donne lieu à la formation d'ammoniaque, est, en effet, plus lente que celle d'autres matières d'origine animale; c'est ainsi que dans les expériences de M. Morgen[1], station agricole de Halle, 34,56 p. 100 seulement de l'azote total du cuir, contre 61,62 p. 100 de l'azote de la poudre de cornes étaient devenus solubles après une digestion de ces engrais dans l'eau pendant 131 jours.

Nous n'ignorons pas que certains engrais fabriqués par quelques usines belges et françaises, dans la composition desquels entre du cuir, sont fort appréciés; mais outre le cuir, ils renferment certaines matières azotées, telles que le sang, les cornes, le sulfate d'ammoniaque ou le nitrate de soude; or, il serait bien difficile d'apprécier la part d'action spéciale du cuir dans l'effet favorable obtenu par ce genre d'engrais.

Les essais entrepris avec le cuir seul sont fort rares.

Nous en avons cherché en vain dans le *Jahresbericht für Agriculturchemie* (1858 à 1879), ainsi que dans les dix dernières années du *Journal d'Agriculture pratique;* les *Annales agronomiques*

1. *Biedermann's Centralblatt für Agriculturchemie*, novembre 1880

renferment une seule expérience faite en 1878 par M. Ladureau, de Lille [1]. Dans cet essai :

2500 kil. de cuir torréfié ont produit à l'hectare 30 100 kil. de betteraves à sucre titrant 8.83 0/0 de sucre.
2500 kil. de cuir + 200 hect. de chaux ont produit à l'hectare 38 600 kil. de betteraves titrant 10.01 0/0 de sucre; tandis que sans engrais on a obtenu 20 000 kil. de betterave, titrant 10.93 0/0 de sucre.

Malgré la forte augmentation de récolte obtenue par l'emploi de cet engrais, le résultat final est un déficit important, car la première fumure a coûté 450 francs, et la seconde 575 francs; de plus, les betteraves produites à l'aide du cuir étaient plus pauvres que celles de la parcelle sans engrais.

Nous avons donc jugé utile de soumettre le cuir moulu à des essais comparatifs, et sans vouloir, après une seule année d'expériences, formuler des conclusions générales, nous n'hésitons pas à publier nos résultats, ne fût-ce que pour engager d'autres expérimentateurs à tenter de nouveaux essais avec une matière dont l'agriculture consomme des quantités considérables, sans cependant être suffisamment renseignée sur sa valeur.

Les essais avec le cuir moulu ont été exécutés en 1880, sous la surveillance de MM. Mercier et Warsage, préparateurs à la station agricole : dans la serre, en opérant sur l'avoine; au jardin, sur les féveroles, et au champ, sur la betterave à sucre.

I. ESSAIS DANS LA SERRE. — Concernant la disposition générale de ces essais, la description de la serre, des bocaux, la manière de remplir ceux-ci et de les arroser, nous renvoyons à nos recherches sur la valeur agricole de l'acide phosphorique dit rétrogradé [2]. Nous nous bornons ici aux indications qui sont spéciales aux essais de 1880.

La terre sablo-argileuse de Gembloux présentant quelquefois, dans les essais en bocaux, l'inconvénient de se tasser fortement, nous lui avons associé un quart de son volume de sable quartzeux, dans le but d'assurer la circulation de l'eau et de l'air. La terre né-

1. *Note de la Rédaction*. On a essayé à Grignon en 1874, si nos souvenirs sont exacts, l'engrais Coignet qui est formé de cuir désagrégé par la vapeur agissant à température élevée, il a donné des résultats avantageux sur les betteraves, en revanche, en 1879 et en 1880, on l'a employé sur diverses cultures herbacées, mais il n'a montré qu'une médiocre efficacité et son emploi a occasionné une perte sensible.
2. *Annales agron.* Tome V, page 5 — 1880.

cessaire au remplissage des bocaux a été rendue aussi homogène que possible par un tamisage et un mélange intime. Chaque bocal renfermait 4000 gr. de terre ainsi préparée et les engrais ont été mélangés avec les trois quarts de toute la terre destinée à chacun d'eux. Chaque expérience a été faite en double. La fumure donnée correspond, pour chaque pot, à 0,25 gr. d'azote, 0,30 gr. d'acide phosphorique anhydre, et 0,20 gr. de potasse anhydre. Les engrais employés titraient : sang, 13,7 p. 100 d'azote; phosphate précipité, 24,99 p. 100 d'acide phosphorique anhydre assimilable; chlorure de potassium, 50,5 p. 100 de potasse anhydre. Le cuir moulu employé aux expériences de la serre, du jardin et du champ était du cuir désagrégé par la vapeur surchauffée, puis séché et broyé; il avait la composition suivante :

Eau	11.89
Matières organiques *	71.34
Matières minérales solubles dans l'acide **	7.63
Matières minérales insolubles dans l'acide	9.14
	100.00

Nous ajoutons à titre de renseignement que certains cuirs du commerce renferment une faible partie de leur matière azotée sous une forme soluble dans l'eau, sans cependant être déjà parvenue à l'état d'ammoniaque. C'est ainsi que l'on constate une proportion plus forte d'azote lorsqu'on épuise par l'eau le cuir moulu et que l'on dose l'azote dans la matière sèche obtenue par évaporation de l'extrait aqueux, que lorsqu'on dose l'ammoniaque directement dans le cuir moulu en le distillant avec de la magnésie.

Notes de culture. — Le 15 mai, chaque pot a reçu six grains d'avoine blanche indigène préalablement gonflés dans l'eau pendant vingt-quatre heures. 19 mai : commencement de la levée; 21 mai : levée complète; 30 mai : les plantes tallent très fortement; 5 juin : suppression d'une plante par pot en laissant les cinq les plus vigoureuses; 26 juin : les pots avec engrais ont une végétation plus riche, plus luxuriante que ceux sans engrais; pots avec sang notablement supérieurs aux pots avec cuir, ceux-ci faiblement supérieurs aux pots sans engrais; 12 juillet : les premiers épis apparaissent dans les pots avec sang; 14 juillet : tous les épis sont sortis;

* 7.51 d'azote total dont 0.43 d'azote ammoniacal.
** 0.81 d'acide phosphorique anhydre insoluble.

15 juillet : floraison. A partir du 27 juillet, le wagonnet, mobile sur rails, portant le bâti en bois dans lequel sont fixés les pots, n'a plus quitté la serre, tandis que pendant la croissance des plantes, il est resté constamment à l'air libre, sauf la nuit. Pendant toute la maturation des grains, deux des grandes fenêtres opposées de la serre sont restées sans cesse ouvertes, jour et nuit; on les a remplacées par des panneaux en fil de fer à larges mailles, afin d'éviter que les oiseaux ne viennent ravager la récolte, tout en assurant une ventilation parfaite. 2 septembre : récolte; les tiges furent coupées au ras du sol et laissées en place jusqu'à complète dessiccation, puis portées au laboratoire, où l'on a séparé le grain, la paille et les balles.

Ier SÉRIE. — *Azote seul.*

ENGRAIS EMPLOYÉS.	RÉCOLTE totale..	PAILLE.	BALLES.	GRAINS.
Sans engrais.................	23.27	16.27	1.16	5.84
Sans engrais.................	21.40	14.10	0.74	6.56
Moyenne	22.34	15.19	0.95	6.20
Cuir moulu..................	30.00	24.20	0.99	4.81
Cuir moulu..................	39.70	29.10	1.51	9.09
Moyenne	34.85	26.65	1.25	6.95
Sang desséché...............	52.80	35.10	1.98	15.72
Sang desséché...............	51.02	38.25	1.68	11.09
Moyenne.....................	51.91	36.68	1.80	13.41

IIe SÉRIE. — *Azote + acide phosphorique.*

ENGRAIS EMPLOYÉS.	RÉCOLTE totale.	PAILLE.	BALLES.	GRAINS.
Cuir moulu + phosphate précipité.....................	41.05	33.45	1.35	6.25
Cuir moulu + phosphate précipité.....................	38.80	29.10	0.95	8.75
Moyenne....................	39.93	31.28	1.15	7.50
Sang + phosphate précipité...	58.40	45.30	2.26	10.84
Sang + phosphate précipité...	45.55	27.60	1.56	16.39
Moyenne.....................	51.97	36.45	1.91	13.61

IIIe SÉRIE. — *Azote + acide phosphorique + potasse.*

ENGRAIS EMPLOYÉS.	RÉCOLTE totale.	PAILLE.	BALLES.	GRAINS.
Cuir moulu + phosphate précipité + chlorure de potassium....................	31.50	21.50	1.12	8.88
Cuir moulu + phosphate précipité + chlorure de potassium....................	29.60	22.30	1.06	6.24
Moyenne....................	30.55	21.90	1.09	7.56
Sang + phosphate précipité + chlorure de potassium...	34.70	25.50	2.04	17.16
Sang + phosphate précipité + chlorure de potassium....	40.10	33.80	1.60	14.70
Moyenne....................	7.340	29.65	1.82	15.93

En comparant les chiffres fournis par ces diverses expériences et fixant spécialement notre attention sur la colonne « grains », nous remarquons que le *cuir seul* n'a produit aucune augmentation sensible de récolte. Employé en même temps que le phosphate précipité et en même temps que le phosphate précipitéet le chlorure de potassium, il en est résulté une faible augmentation du rendement en grain (7.5 contre 6.2); mais celle-ci est restée considérablement en dessous du surplus de récolte produit par le sang desséché qui, dans les trois séries d'essais, a plus que doublé la récolte obtenue dans les pots sans fumure.

II. *Essais dans le jardin.* — En comparaison avec les essais entrepris dans la serre, nous en avons organisé une autre série dans le jardin d'expériences avec des féveroles. Un orage avec tempête ayant brisé presque toutes les tiges des parcelles se trouvant à gauche de la serre (laine et sulfate d'ammoniaque), nous n'avons pu récolter que celles à droite de la serre (cuir et nitrate de soude), que le vent avait ménagées.

Notes de culture. — Terre sablo-argileuse. Récolte précédente : sorgho sans engrais. Les engrais ont été enfouis dans les lignes en dessous de la graine dans trois parcelles, mesurant chacune 12 mètres carrés. Chemins de 60 centimètres entre les parcelles. Engrais : nitrate de soude à 16.13 p. 100 d'azote; cuir moulu : le

même que celui dont on s'est servi dans la serre. Quantité d'azote donnée par parcelle : 0.072 kil., soit 60 kil. à l'hectare. 24 avril : on plante les féveroles en lignes espacées de 40 centimètres. 12 mai : levée; 19 mai : on repique quelques plantes dans les vides existants; 28 mai : binage; 14 juin : on distance les plants à 0.20 centimètres dans les lignes; chaque parcelle a 175 plantes; 18 juin : dernier binage. 3 et 4 juillet : commencement de la floraison; 6 juillet : on écime les plantes pour arrêter la propagation des pucerons; 18 septembre : récolte; les tiges réunies en bottes ont été portées dans la serre pour en achever la dessiccation. 15 novembre : pesée de la récolte.

ENGRAIS EMPLOYÉS.	PRODUIT OBTENU :		
	TIGES ET COSSES. kil.	GRAINS. kil.	GRAINS à l'hectare. kil.
I. Sans engrais	9.869	1.131	942.5
II. Cuir moulu	12.822	1.178	981.7
III. Nitrate de soude	11.465	2.035	1695.9

Dans cette expérience isolée le cuir a été sans action sensible sur le rendement en grain; l'augmentation de 39.2 kil. à l'hectare comparativement à la parcelle sans engrais, tombe tout à fait dans les limites des écarts inévitables de l'expérimentation. Cette augmentation n'est que de 4.2 p. 100, déjà dans nos expériences antérieures nous avions fixé l'erreur d'essais à ± 4 p. 100[1]. M. Mayer, notre collègue de la station agricole de Wageningen, a proposé tout récemment[2] de fixer pour les expériences de culture l'erreur d'essais à ± 5 p. 100, c'est-à-dire de considérer comme égaux les rendements qui ne diffèrent pas de ± 5 p. 100. Il rejette, et nous sommes entièrement de son avis, le chiffre établi par M. Wagner, directeur de la station agricole de Darmstad, qui considère comme non valable chaque expérience de culture dont le rendement des parcelles identiquement traitées ne concorde pas à ± 1 p. 100. Vouloir réduire l'erreur d'essais ± 1 p. 100 est en effet une utopie,

1. *Bulletin de la station agricole de Gembloux*, n° 20, p. 28.
2. *Landwirth.-Versuchsstationen*, XXVI, p. 328.

car on n'atteindra jamais cette concordance dans les expériences de grande culture; on est même loin de l'atteindre dans les recherches faites en serre, lesquelles présentent cependant bien plus de garantie d'exactitude. Si dans l'essai précédent l'azote du cuir est resté sans effet, celui du nitrate de soude a été, par contre, très efficace; il a presque doublé le rendement en grain comparativement aux autres parcelles, et cela même sans addition de phosphates.

III. *Essais au champ d'expériences.* — Les essais en grand ont été installés sur une pièce de terre appartenant à l'Institut agricole de l'État. Le sol est sablo-argileux; l'analyse en a été publiée dans le *Bulletin de la station agricole*, n° 17, p. 13. Les parcelles mesuraient un are; elles étaient séparées par des sentiers de 0,80 centimètres de largeur et isolées d'un chemin par une bande de 3 mètres également plantée en betteraves, mais non comprise dans l'expérience. Les engrais employés étaient le nitrate de soude à 16,13 p. 100 d'azote; le cuir était le même que celui employé dans les expériences dont nous venons de rendre compte plus haut. Les engrais phosphatés employés en mélange avec les engrais azotés étaient :

Phosphate précipité à 24,99 p. 100 d'acide phosphorique anhydre assimilable;

Superphosphate de phosphorite de Caçerès à :

	15.39 p. 100	d'acide	phosphorique	anhydre	soluble dans l'eau, et
	0.15 p. 100	—	—		soluble dans le citrate d'ammoniaque
ou	15.54 p. 100	—	—	—	assimilable;

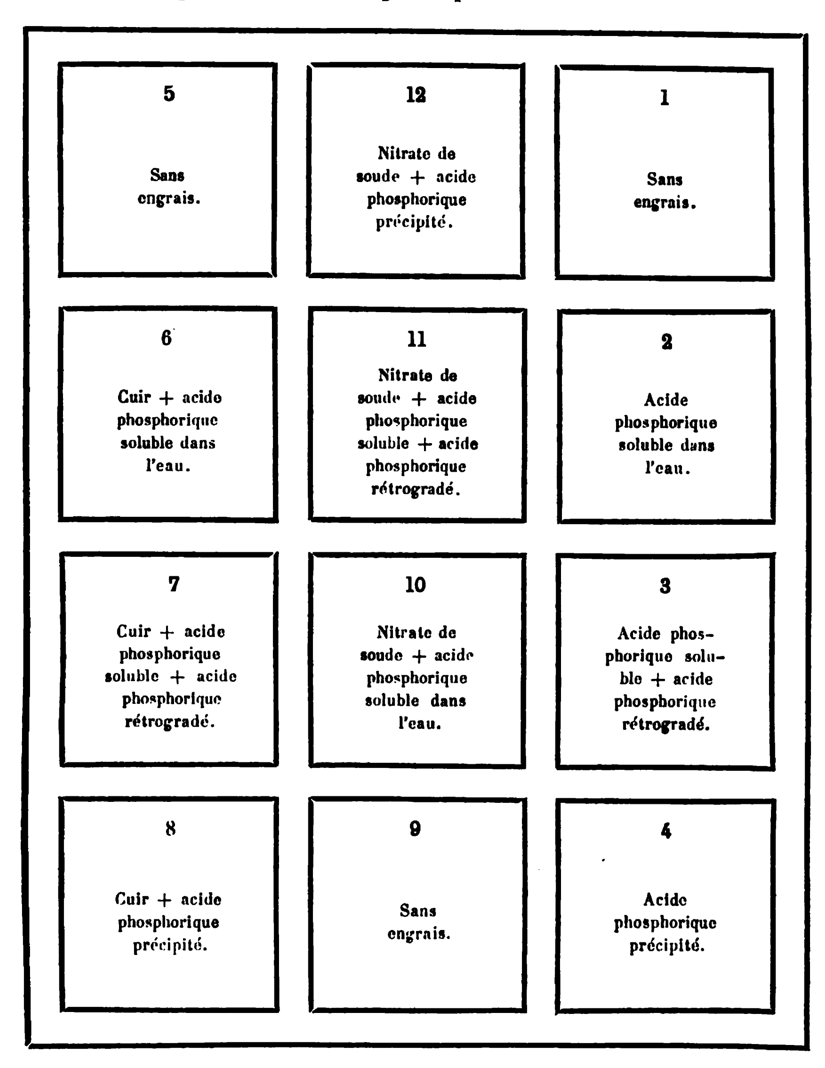
Superphosphate de phosphorite allemand à :

	7.17 p. 100	d'acide	phosphorique	anhydre	soluble dans l'eau, et
	3.25 p. 100	—	—	—	soluble dans le citrate d'ammoniaque,
ou	10.42 p. 100	—	—	—	assimilable.

La fumure était à l'hectare de 48 kil. d'azote et de 60 kil. d'acide phosphorique, soit par parcelle :

6391.5	grammes	de cuir moulu,
2975.8	—	de nitrate de soude,
2400.96	—	de phosphate précipité,
5758.1	—	de superphosphate de phosphorite allemand,
3861.0	—	de superphosphate de phosphorite de Caçerès.

Voici la disposition du champ d'expériences :



Notes de culture. — 19 avril : les engrais ont été répandus à la volée et enterrés à la houe. 20 avril : la terre a été préparée. 21 avril : on plante en poquets la betterave « Breslau acclimatée par Vilmorin » ; distance de 0^m,40 sur 0^m,25. 6 mai : commencement de la levée. 31 mai : premier binage. 8 juin : les plantes ont été isolées. 9 juin : second binage. 28 septembre : arrachage après 144 jours de végé-

tation. A partir du moment où l'on a démarié les betteraves jusque vers la mi-septembre, les parcelles du milieu au nitrate de soude se distinguèrent de loin par leur végétation vigoureuse et d'un beau vert saturé.

Le rendement en poids, déduction faite de la tare et rapporté à l'hectare, est le suivant :

ENGRAIS EMPLOYÉS.	RENDEMENT à l'hectare.	AUGMENTATION comparativement à la moyenne des trois parcelles sans engrais (33 870 kil).
	kil.	kil.
1. Sans engrais	34.830	
2. Acide phosphorique soluble dans l'eau.	34.380	510 = 1.5 %
3. Acide phosphorique soluble + acide phosphorique rétrogradé	34.290	420 = 1.2 %
4. Acide phosphorique précipité	34.380	510 = 1.5 %
5. Sans engrais	33.840	— —
6. Cuir + acide phosphorique soluble dans l'eau	37.890	4020 = 11.9 %
7. Cuir + acide phosphorique soluble + acide phosphorique rétrogradé.	37.480	3610 = 10.7 %
8. Cuir + acide phosphorique précipité.	35.910	2040 = 6.0 %
9. Sans engrais	32.940	— —
10. Nitrate de soude + acide phosphorique soluble	43.380	9510 = 28.1 %
11. Nitrate de soude + acide phosphorique soluble + acide phosphorique rétrogradé	42.070	8200 = 24.2 %
12. Nitrate de soude + acide phosphorique précipité	43.830	9960 = 29.4 %

Nous avons d'abord à constater que les trois parcelles témoins, séparées entre elles par les autres parcelles du champ (voyez le plan), ont produit des rendements suffisamment concordants. L'écart entre 1 et 5 n'est que de 990 kil., soit 2,8 p. 100; entre 1 et 9, de 1890 kil., soit 5,4 p. 100; entre 5 et 9, de 900 kil., soit 2,7 p. 100; nous avons par conséquent pris comme base de comparaison la moyenne des

rendements des trois parcelles non fumées, qui est de 33870 kilog. En comparant à ce chiffre les poids fournis par les parcelles de la première série (acide phosphorique sous différentes formes de solubilité), nous remarquons que les engrais appliqués ont été tous sans action; l'augmentation de 1,2 à 1,5 p. 100 est absolument insignifiante, elle tombe dans les limites des écarts inévitables dans pareilles expériences.

Il en est autrement lorque nous passons à la deuxième série (cuir + phosphates) : ici l'addition du cuir a produit un sérieux surplus de récolte, variant pour les trois parcelles de 6 à 11,9 p. 100, soit en moyenne de 9,5 p. 100. Il faut remarquer aussi que la parcelle 6 (cuir + acide phosphorique soluble dans l'eau) a été légèrement supérieure à la parcelle 8 (cuir + acide phosphorique précipité). Cependant on ne peut interpréter cette différence en faveur de l'acide phosphorique soluble dans l'eau. D'abord les résultats de la première série d'essais rendent plus que probable que les engrais phosphatés n'ont pas contribué, au moins d'une manière sensible, à l'augmentation de poids constatée dans la seconde série; ensuite il faut se garder dans la discussion des chiffres obtenus par des expériences de culture de vouloir tirer des conclusions d'un essai isolé. Il faut, au contraire, avoir toujours en vue l'ensemble des résultats obtenus. C'est ainsi que nous voyons pour la troisième série que le phosphate précipité a été égal ou même un peu supérieur au superphosphate de chaux.

Si, comme nous venons de le voir, l'azote appliqué sous forme de cuir moulu a produit une majoration de récolte, il a été cependant beaucoup dépassé par l'azote du nitrate de soude qui (voyez troisième série) a agi d'une manière excessivement favorable; il a produit en moyenne pour les trois parcelles une augmentation de 9223 kil., soit 27, 2 p. 100), comparativement à la moyenne des trois parcelles sans engrais.

Lorsqu'on étudie l'action des engrais sur la betterave à sucre, il faut naturellement tenir compte aussi de la qualité de la racine. Nous avons, par conséquent, au moment de l'arrachage, prélevé sur sur chaque parcelle un échantillon de 15 betteraves qui ont été soumises à l'analyse. Voici les résultats obtenus :

ENGRAIS EMPLOYÉS.	SUCRE dans 100 gram. de betteraves.	QUOTIENT de pureté du jus.
1. Sans engrais	11.79	88.6
2. Acide phosphorique soluble dans l'eau	10.97	86.2
3. Acide phosphorique soluble + acide phosphorique rétrogradé	11.35	91.9
4. Acide phosphorique précipité	11.11	87.9
5. Sans engrais	11.22	88.1
6. Cuir + acide phosphorique soluble dans l'eau	11.09	82.5
7. Cuir + acide phosphorique soluble + acide phosphorique rétrogradé	10.87	88.7
8. Cuir + acide phosphorique précipité	11.81	90.7
9. Sans engrais	11.11	88.6
10. Nitrate de soude + acide phosphorique soluble dans l'eau	11 50	89.0
11. Nitrate de soude + acide phosphorique soluble + acide phosphorique rétrogradé	11.69	88.6
12. Nitrate de soude + acide phosphorique précipité	11.04	86.1

La composition des betteraves obtenues sur les 12 parcelles est sensiblement la même; il serait téméraire de vouloir tirer une conclusion quelconque de chiffres qui diffèrent si peu, ils varient de 10,87 à 11,81. Mais les moyennes de chaque groupe sont excessive-

ENGRAIS EMPLOYÉS.	SUCRE dans 100 gram. de betteraves.	QUOTIENT de pureté du jus.
Moyenne des trois parcelles sans engrais	11.34	88.4
Moyenne des trois parcelles aux phosphates seuls	11.14	88.7
Moyenne des trois parcelles au cuir et aux phosphates	11.26	87.3
Moyenne des trois parcelles au nitrate de soude et aux phosphates	11.41	87.9

ment concordantes; les différences n'excèdent pas celles que l'on rencontre toujours dans l'analyse de divers lots d'un même champ.

Les analyses des betteraves fumées avec le nitrate prouvent que lorsque cet engrais est employé à dose raisonnable (300 à 400 kil. à l'hectare) et associé aux phosphates, il ne nuit nullement à la qualité de la racine. Les essais démontrent aussi ce que nous avons déjà plusieurs fois eu l'occasion d'établir, que l'emploi de bonnes graines, d'engrais appropriés et la conservation d'une distance convenable entre les plantes assurent, même dans une mauvaise année, comme en 1880, la production d'une récolte satisfaisante sous le rapport du poids (43000 kil.) et de la qualité (11,41 p. 100 de sucre dans la betterave), quoique la moyenne de 588 échantillons de diverses contrées du pays, analysés à la station agricole de Gembloux, en 1880, n'ait donné que 9,55 pour 100.

Nous avons encore à examiner le côté financier de l'emploi du cuir et du nitrate de soude à la culture de la betterave à sucre.

La fumure au cuir a coûté 95 francs, celle au nitrate de soude, 128 francs à l'hectare. L'augmentation moyenne produite par le cuir a été en moyenne de 3223 kil. de betteraves à 25 francs, sans restitution de pulpes, = 81 francs. Celle produite en moyenne par le nitrate de soude a été de 9223 kil. à 25 francs = 231. Il en résulte donc pour le premier une perte de 14 francs, tandis que pour le second il y a un bénéfice de 103 francs. En tenant compte aussi de la dépense occasionnée par les phosphates, laquelle a été en moyenne de 45 francs par hectare, la perte constatée par l'emploi du cuir moulu associé aux phosphates a été de 59 francs à l'hectare, tandis que dans les mêmes conditions une fumure composée de nitrate de soude et de phosphates a donné un bénéfice de 58 francs à l'hectare. La différence entre le cuir moulu et le nitrate de soude se chiffre donc en faveur de ce dernier par 117 francs.

Si nous résumons nos diverses expériences de 1880 sur le cuir moulu, nous pouvons dire : qu'en terre sablo-argileuse en bon état de fertilité, le cuir moulu a été, dans l'année même où il a été appliqué, sans effet sur féveroles, mais il a produit sur avoine et sur betteraves à sucre une faible augmentation de récolte sans nuire à la qualité des dernières. L'effet utile produit par le cuir moulu sur l'avoine a été bien plus faible que celui exercé dans les mêmes

conditions par le sang desséché; et pour betteraves, l'azote du cuir moulu a été de beaucoup inférieur à l'azote du nitrate de soude. Quoi qu'il en soit, après une seule année d'expériences peu en faveur du cuir moulu, déconseiller son emploi serait téméraire, nous engageons seulement les cultivateurs qui se servent de cette matière fertilisante à établir quelques essais comparatifs, afin de s'assurer si dans les conditions spéciales où ils opèrent, l'emploi du cuir moulu est réellement avantageux.

NOTE CONCERNANT LES EXPÉRIENCES FAITES EN 1880

AU SUJET

DE L'INFLUENCE DE LA LUMIÈRE SUR LA MATURATION DES RAISINS

Par M. ALBERTO LEVY
De Villanova di Farra (Autriche).

J'ai exposé ici même, l'an dernier[1], le résultat des expériences que j'avais faites en 1879, en employant l'appareil dont j'ai donné alors la description et le dessin, pour étudier l'influence de la lumière sur la maturation du raisin.

Je résume aujourd'hui les expériences que j'ai répétées cette année, visant au même but, suivant la même méthode et me servant des mêmes appareils.

Le petit nombre de ceux-ci, dont je pouvais disposer en 1879, et, par conséquent, le nombre restreint d'analyses comparatives qu'il m'avait été donné de faire dans la même année, ainsi que quelques anomalies dans les proportions du sucre et de l'acidité qui s'étaient produites dans cinq de ces analyses, ne m'autorisaient pas à regarder la question comme tout à fait résolue, ni les moyennes obtenues comme définitives, mais simplement comme approximatives.

Il fallait donc répéter et multiplier les expériences, et écarter, autant que possible, toute cause d'erreur ou d'anomalie.

J'ai commencé, à cet effet, par faire construire quarante appareils semblables à ceux dont je m'étais servi en 1879, et qui n'en

1. *Ann. agronom.*, *t.* VI p. 100.

différaient que par le diamètre des boules des tubes aérifères, qui était double de celui des boules des appareils de l'année dernière.

C'est ainsi qu'il m'a été possible de faire cette année 34 analyses comparatives d'une valeur incontestable, au lieu des 17 de l'année précédente, sans compter parmi les premières celles de quelques grappes dont les pédoncules se trouvaient meurtris, froissés ou desséchés, au moment de les retirer des appareils.

L'agrandissement du diamètre des boules en cuivre, noircies au noir de fumée, lesquelles, sous l'action des rayons solaires, agissent à la manière des pompes aspirantes, en activant entre l'intérieur des deux tonneaux et l'atmosphère ambiante le courant d'air qui sert à égaliser leur température et leur degré hygrométrique, a eu pour effet de réduire la différence de la température moyenne par jour entre les deux chambres de l'appareil à 0°,2, et celle de la somme des températures respectives pendant toute la durée de l'expérience à 1°,40, tandis que ces différences s'étaient élevées l'année dernière, dans le premier cas, à 1°,08 et, dans le second, à 86°,38. Le même effet d'équilibre s'est produit entre la température de la chambre intérieure de l'appareil destinée à recevoir la grappe devant rester dans l'obscurité et celle de l'air extérieur, dont les écarts, qui avaient été l'année passée de 0°,36 en ce qui concerne la moyenne par jour, et de 28°,60 pour toute la durée de l'expérience, descendirent cette fois-ci à 0°,25 et respectivement à 19°,65.

A la place du coton de verre, dont j'avais fait usage l'année dernière pour boucher les interstices et empêcher le passage de la lumière et l'infiltration de l'eau dans l'intérieur de l'appareil à travers le trou du bouchon en caoutchouc qui sert à loger le pédoncule de la grappe enfermée dans l'obscurité, j'ai employé cette année du coton végétal enduit d'un mastic préparé avec une solution alcoolique de cire et de colophane, qui a l'avantage de ne pas se fendiller et qui préserve très bien le coton de l'action de l'humidité.

Cette innovation, apparemment de peu d'importance, réduisit la proportion des grappes dont les pédoncules avaient éprouvé quelques altérations à cause des frottements fortuits auxquels ils avaient été exposés pendant leur séjour dans les appareils, à 3 sur 40, tandis qu'elle avait été de 5 sur 17 en 1879.

Le cépage sur lequel j'ai expérimenté est celui de l'année dernière, c'est-à-dire le pinot noir de Bourgogne. — Les grappes à

TABLEAU Ier.

DATE des OBSERVATIONS.	TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'AIR.		
	DANS LE TONNEAU en fer-blanc.	DANS L'ESPACE interposé aux deux tonneaux.	A L'EXTÉRIEUR de l'appareil.
Juillet 7	27.00	29.15	27.15
— 8	27.50	27.30	27.40
— 9	27.30	27.20	27.10
— 10	28.75	28.75	28.75
— 11	28.35	28.30	28.55
— 12	31.75	32.05	32.00
— 13	28.55	28 65	28.30
— 14	27.45	27.75	27.80
— 15	28.80	29.05	29.30
— 16	30.35	30.35	30.50
— 17	30.30	30.25	30.20
— 18	31.00	30.90	30.75
— 19	29.65	29.70	29.40
— 20	31.20	31.20	31.30
— 21	31.10	30.90	32.10
— 22	27.10	27.10	26.70
— 23	26.40	26.50	26.20
— 24	26.05	26.05	26.25
— 25	26 25	26.05	26.35
— 26	28.40	28.40	28.10
— 27	26 10	26.35	26.20
— 28	28.40	28.60	28.15
— 29	29.05	29.20	28.40
— 30	28.50	28.70	28.15
— 31	25.05	24.70	24.40
Août 1er	23.75	24.05	23.60
— 2	23.85	24.25	23.90
— 3	19.10	18.95	19.15
— 4	20.95	21.10	20.60
— 5	23.00	23.20	23.15
— 6	25.15	25.20	24.30
— 7	22.10	22.40	21.95
— 8	24.80	24.10	23.25
— 9	21.65	21.80	20.90
— 10	22.85	23.25	22.55
— 11	21.20	21.70	21.00
— 12	18.95	19.25	18.85
— 13	21.90	22.10	21.50
— 14	22.00	22.15	21.90
— 15	23.95	24.05	23.75
— 16	25.95	25.85	25.65
— 17	24.50	24.50	24.25
— 18	23.60	23.40	23.55
— 19	25.25	24.85	24.65
— 20	26.35	26.20	25.70
— 21	24.90	24.85	24.25
— 22	19.95	19.85	20.00
— 23	24.70	24.55	24.65
— 24	23 55	23.90	23.60
— 25	25.30	25.15	24.90
A Reporter.	1289.60	1293.80	1281.05

SUITE DU TABLEAU Ier.

DATE des OBSERVATIONS.	TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'AIR.		
	DANS LE TONNEAU en fer-blanc.	DANS L'ESPACE interposé aux deux tonneaux.	A L'EXTÉRIEUR de l'appareil.
Report...	1289.60	1293.80	1281.05
Août			
— 26	25.60	25.30	24.75
— 27	21.90	22.05	21.70
— 28	23.55	23.65	23.30
— 29	22.05	22.20	21.90
— 30	16.95	16.90	17.15
— 31	19.80	19.95	20.20
Septembre 1er	23.65	23.75	23.80
— 2	25.45	24.85	24.55
— 3	26.65	26.10	25.45
— 4	27.65	27.30	26.60
— 5	27.30	27.20	26.30
— 6	26.50	26.05	25.30
— 7	25.75	25.40	25.05
— 8	27.20	26.65	26.00
— 9	20.05	20.05	20.05
— 10	23.30	23.45	23.45
— 11	22.35	22.30	21.70
— 12	21.65	21.80	21.90
— 13	19.25	19.40	19.55
— 14	22.15	21.80	20.95
— 15	21.50	21.45	20.95
— 16	21.80	21.70	21.80
— 17	19.10	20.65	20.00
— 18	20.55	20.00	19.65
— 19	20.15	19.65	19.10
— 20	17.65	17.55	17.50
— 21	17.05	16.60	16.80
Sommes.	1896.15	1897.55	1876.50
Moyennes.	24.62	24.64	24.37

conserver dans l'obscurité furent placées dans les appareils le 7 juillet, qui suivait de quelques jours le second soufrage. — Les analyses, par lesquelles je me suis borné, comme en 1879, à déterminer la proportion de sucre et d'acides contenus dans le moût des grappes conservées dans l'obscurité comparativement à celle des grappes exposées à la lumière, commencèrent le 26 août et continuèrent journellement et même souvent deux fois par jour jusqu'au 22 septembre, au moment de la vendange.

Il n'est pas besoin d'ajouter que j'ai toujours choisi pour mes essais, comme en 1879, des grappes parfaitement semblables et

comparables entre elles, et que j'ai pris toutes les précautions désirables pour écarter toute cause d'erreur.

Les raisins enfermés dans l'obscurité s'étaient très bien conservés, trois seuls exceptés, qui ne furent pas analysés, vu que deux avaient déjà commencé à moisir, l'eau de condensation de la chambre intérieure de l'appareil n'ayant pu s'écouler par le petit tube ajusté à son extrémité inférieure, faute d'horizontalité dans le placement de l'appareil sur ses supports, et que le troisième avait le pédoncule cassé et la râfle et les grains complètement desséchés.

Parmi les trois autres grappes, dont les analyses exprimées en chiffres gras ne sont pas comprises dans les sommes ni dans les moyennes du IIIe tableau, deux avaient leurs pédoncules presque complètement desséchés, à cause probablement de quelques meurtrissures dont ils portaient encore des traces visibles, et la troisième, qui avait servi à remplacer une autre grappe qu'une forte secousse avait détachée de son pédoncule, n'ayant été mise dans l'appareil qu'au commencement de septembre, lorsque ses grains s'étaient déjà colorés en rouge, ne pouvait pas être rangée parmi les grappes soustraites deux mois auparavant à la lumière.

Je n'ai remarqué, d'ailleurs, aucune différence appréciable entre les raisins qui avaient végété et mûri à la lumière et ceux qui avaient accompli ces phases de leur existence dans l'obscurité, sauf, en ce qui concerne la couleur des grains, qui était d'un rouge plus pâle chez les derniers, et sauf à l'aspect des pédoncules qui avaient leur écorce déjà ligneuse chez ceux-ci, tandis qu'elle était encore verte et herbacée à la date de la dernière analyse chez ceux-là, ce qui s'explique par l'absence ou la présence de la chlorophylle dans le parenchyme cortical des pédoncules, selon qu'ils avaient été soustraits ou exposés à la lumière.

En jetant un coup d'œil sur le IIIe tableau qui fait suite à la présente note, on voit que le résultat des 34 analyses comparatives de l'année courante est à peu près le même que celui des 17 analyses de l'année précédente, puisque le moût des raisins exposés à la lumière contenait toujours une proportion de sucre notablement supérieure à celle des raisins enfermés dans l'obscurité, et puisque, au contraire, la proportion des acides se trouvait, en général, plus forte chez ces derniers, sauf dans l'essai du 30 août, dans celui du 11 septembre et dans le second essai du 12 du même mois, dans

lesquels la proportion inverse se produisit exceptionnellement par rapport à l'acidité.

Il est bon de noter à ce propos que le cep qui avait fourni le matériel pour l'essai du 30 août avait été attaqué par la maladie de la *jaunisse*, et qu'au moment de l'analyse toutes les feuilles qui surmontaient la grappe conservée dans l'obscurité étaient atteintes par cette altération. Quant aux deux autres cas exceptionnels allégués ci-dessus, j'ai cherché en vain d'en deviner la cause ; et je crois, d'ailleurs, que ces rares anomalies ne peuvent pas infirmer la règle générale, qui découle de la parfaite concordance de 48 analyses sur 51, y compris celles de l'année 1879.

Il résulte en effet des analyses de l'année courante consignées dans le tableau précité, que les grappes exposées à la lumière, comparées à celles conservées dans l'obscurité, contenaient en moyenne un surcroît de sucre de 3,59 p. 100 et une diminution d'acides de 1,23 p. 1000, ce qui correspond à peu près aux différences constatées l'année dernière, lesquelles s'élevaient pour le sucre à 3,55 p. 100 et pour les acides à 1,42 p. 1000.

TABLEAU IIe.

SOMME DES DEGRÉS ACTINOMÉTRIQUES A PARTIR DU 7 JUILLET JUSQU'AU 21 SEPTEMBRE 1880.

7 à 31 juillet	1475.21
— août	1366.09
1 à 21 septembre	894.61
Somme	3735.91
Moyenne par jour	48.51

L'examen comparatif des tableaux I, II et III démontre à son tour l'exactitude du fait physiologique sur lequel j'appelais en 1879 l'attention des savants, à savoir, que les raisins conservés après leur floraison dans une profonde obscurité, quoique dans les mêmes conditions thermométriques et hygrométriques de ceux du même cep, de la même branche et du même pampre exposés à la lumière, renferment, à toute époque de leur maturation, moins de sucre et presque toujours plus d'acides que ces derniers; *que la lumière qui fait défaut à ceux-là et qui frappe ceux-ci, est bien la véritable cause de cette différence ; que la lumière exerce par conséquent une influence remarquable sur le phénomène de la maturation des raisins.*

TABLEAU IIIe.

QUANTITÉS DE SUCRE ET D'ACIDES CONTENUS DANS LES RAISINS.

DATE de L'ANALYSE.		EXPOSÉS A LA LUMIÈRE.		ENFERMÉS DANS L'OBSCURITÉ.	
		Sucre p. 100.	Acides p. 1000.	Sucre p. 100.	Acides p. 1000.
Août	26	13.50	9.5	8.20	10.7
—	27	17.85	6.1	14.28	7.2
—	28	15.15	6.3	12.50	9.6
—	29	14.28	7.2	10.10	10.0
—	30	15.62	8.1	11.90	7.2
—	31	16.66	7.0	12.82	8.1
Septembre	1er	17.90	7.3	13.16	8.0
—	2	18.82	7.8	14.60	8.5
—	3	19.01	6.4	10.41	8.0
—	4	19.27	5.4	15.78	6.6
—	5	19.23	6.7	14.28	7.9
—	6	20.00	6.5	14.70	8.7
—	7	20.83	5.3	16.70	6.2
—	8	21.74	5.0	18.51	6.1
—	9	21.27	5.7	18.18	6.8
—	»	20.83	5.3	17.86	6.5
—	10	21.74	5.1	18.52	6.2
—	»	19.23	5.8	15.15	7.6
—	11	17.86	6.2	15.63	5.6
—	»	20.83	6.0	9.80	9.8
—	12	21.00	5.4	18.75	6.4
—	»	19.61	5.9	17.28	5.4
—	13	19.23	4.7	16.67	6.5
—	»	18.87	6.3	15.63	6.9
—	14	20.41	4.6	17.57	6.0
—	15	18.22	4.9	15.52	6.4
—	»	21.28	4.4	17.86	5.3
—	16	21.74	4.5	17.87	5.8
—	»	20.82	4.	16.93	5.4
—	17	22.21	4.2	17.86	5.6
—	»	20.52	5.3	16.54	6.9
—	18	23.81	3.8	19.38	5.4
—	»	22.38	4.4	18.54	6.0
—	19	23.23	4.1	19.84	5.8
—	»	23.22	4.7	19.74	6.5
—	20	21.74	5.2	20.00	5.4
—	21	22.43	5.4	19.65	6.8
Sommes......		670.76	192.9	548.50	234.6
Moyennes. ...		19.72	5.67	16.13	6 90

Ce principe de physiologie végétale que je me flatte d'avoir démontré, en ce qui concerne la vigne, par des preuves qu'on ne saurait contester, et que l'analogie nous permet de supposer valable également pour les diverses plantes autres que la vigne,

ouvre à mon avis un nouvel horizon aux recherches scientifiques sur le rôle exercé par les divers agents météorologiques dans les phénomènes qui se produisent dans le végétal pendant la maturation du fruit et de la graine.

Est-ce à dire que ces études n'aient qu'un intérêt purement spéculatif, sans aucune utilité pratique? Bien au contraire, je suis d'avis que la viticulture soit appelée à en profiter la première, et qu'elle saura en tirer des enseignements précieux pour la culture rationnelle de la vigne.

En voici un exemple des plus frappants.

On se rappelle que la question des avantages et des inconvénients de la *taille d'été* de la vigne, qui a fait, il n'y a pas encore longtemps, le sujet d'intéressantes discussions dans les congrès viticoles allemands de Fribourg et de Coblentz, et qui y a été traitée avec tant de compétence par son savant rapporteur M. le Dr Müller-Thurgau (de Geisenheim), est restée ouvertea près ces longs débats, et qu'au lieu de formuler des conclusions, on s'est contenté de rédiger une instruction pour les expériences à entreprendre dans le but de donner à cette question une solution basée sur des essais pratiques [1]. — On se souvient aussi que la même question de la taille d'été a soulevé tout récemment en Italie, entre les prôneurs et les détracteurs de cette pratique culturale, une très vive polémique qui n'est pas encore close à l'heure qu'il est [2].

Et en effet, comment pouvait-on espérer résoudre rationnellement ce problème si complexe, sans mettre en ligne de compte parmi les éléments indispensables à sa solution, l'influence que la lumière exerce sur le phénomène de la maturation des raisins?

Après avoir démontré expérimentalement l'action de la lumière sur la maturation du raisin, et appelé l'attention des viticulteurs sur ce fait physiologique dont la connaissance me paraît indispensable pour la solution rationnelle de plusieurs questions de pratique viticole, il nous resterait à connaître lesquelles parmi les diverses espèces de rayons (lumineux, calorifiques ou chimiques) qui composent le spectre solaire, exercent cette salutaire influence sur ce phénomène si important de la végétation.

1. Voyez les *Annalen des Oenologier*, 7e vol. Heidelberg, 1878, p. 250. à 259 et le journal *Der Weinbau*, année 1879, p. 140 et 145 à 146.

2. Voyez la *Rivista di viticoltura ed enologia italiana*, année 1880, p. 225 à 236, 269 à 278, 291 à 305, 339 à 348, à 562

Voilà un nouveau problème des plus intéressants, qui est digne de captiver l'attention des travailleurs, et à la solution duquel je me propose de consacrer mes recherches de l'année prochaine.

ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES.

LA SECTION D'AGRONOMIE AU CONGRÈS D'ALGER

PAR

HENRY SAGNIER

Secrétaire de la rédaction du *Journal de l'Agriculture.*

Aucun des congrès de l'Association française n'avait encore réuni une aussi nombreuse affluence que celle qui a envahi Alger dès la semaine précédant l'ouverture officielle du Congrès. En fait, si les séances des sections, si les grandes fêtes de la capitale de la France africaine, se sont terminées en quelques jours, le Congrès a eu, en réalité, tout un mois de durée, et il s'est même, pour quelques privilégiés, prolongé jusqu'en mai. C'est que, en effet, jamais encore une occasion semblable n'avait réuni autant de facilités pour visiter l'Algérie; et l'on ne voit pas le moment où elle se retrouvera. Les agronomes n'ont pas été les moins fidèles au rendez-vous donné par l'Association française; ils sont venus jusque des frontières du nord, se recrutant en route de nombreuses bonnes volontés, et notamment d'une jeune et alerte bande d'élèves de Grignon sous la direction de quelques-uns de leurs professeurs. Pour eux, l'intérêt du voyage ne se bornait pas à une excursion pleine de charmes; il y avait plus à faire, il s'agissait de voir ce que vaut le sol de l'Afrique et quel parti la France a su en tirer. La période de la grande colonisation est depuis peu ouverte; ce qui a été fait jusqu'ici permet de prévoir ce que ce sera l'avenir. Hâtons-nous de dire que tous les pronostics sont en faveur d'un brillant et rapide développement de notre grande colonie.

En allant en Algérie, on partait avec la conviction que le travail réel du Congrès serait bien peu de chose, et que tout le temps se passerait en promenades et en visites de monuments. Il fallait, disait-on, abandonner la pensée de rien apprendre en dehors des

choses algériennes. La réalité n'a pas répondu à cette fâcheuse prédiction, du moins en ce qui concerne les travaux d'agronomie. La section a travaillé d'une manière très consciencieuse, et chose plus rare, l'agronomie a fait, en grande partie, les frais de la séance d'ouverture. C'est, en effet, aux travaux de cette science que se rattachent les recherches sur les virus que M. Chauveau, président de l'Association, a exposées dans cette séance avec une éloquence et une chaleur dont le succès a été complet.

Les travaux présentés à la section d'agronomie sont de nature tout à fait variée. Afin de mettre un peu d'ordre dans leur exposé, nous nous occuperons successivement de ceux qui se rapportent à la physiologie végétale et animale, puis au génie rural, laissant pour une dernière partie ce qui est spécial à l'agriculture algérienne. Celle-ci a, d'ailleurs, eu la place d'honneur dans la section; un deuil de famille ayant empêché le président M. Gaston Bazille, d'assister au Congrès, on a appelé à la présidence un Algérien, M. Armand Arlès-Dufour, qui est, depuis plus de dix ans, à la tête de toutes les tentatives de progrès agricole dans la colonie.

I

Parmi les plantes cultivées, aucune n'a peut-être été l'objet d'autant d'études spéciales que la betterave à sucre. Ces recherches se poursuivent sans avoir épuisé la matière. M. Ladureau, directeur de la station agronomique de Lille, a entretenu le Congrès des résultats de ses derniers travaux sur cette plante précieuse. Ses essais ont porté sur l'emploi des engrais de nature diverse, sur l'écartement des plants, sur l'influence de la qualité de la graine. Il est arrivé à ces conclusions qui concordent avec celles d'autres observateurs, qu'avec de la bonne graine, en fumant convenablement et en serrant les plantes jusqu'à près de 20 centimètres, on pourrait obtenir, même dans les années défavorables, des betteraves renfermant un minimum de 9 à 10 p. 100 de sucre. — A cette occasion, M. Dehérain a fait remarquer avec raison que, dans la culture de la betterave, le cultivateur doit se garder de donner la préférence à des variétés d'une richesse en sucre exceptionnelle; il ferait ainsi un marché de dupe, car la grande richesse en sucre est souvent compensée par une infériorité de rendement telle que la

quantité totale de sucre obtenue sur une surface déterminée est, en définitive, moindre qu'avec une variété moins riche, mais plus productive. C'est le nœud des difficultés pendantes entre les agriculteurs et les fabricants de sucre.

En même temps qu'il poursuivait ses études sur la culture des betteraves, M. Ladureau se livrait à des recherches sur les engrais les plus appropriés à la production du lin. C'est sur des sels azotés, des superphosphates, des détritus d'industries diverses, de l'engrais flamand, etc., que ces recherches ont porté. La conclusion qu'il en tire, c'est qu'il ne faut employer, pour le lin, que des engrais d'une décomposition rapide, à moins que le sol ne présente, par des arrière-fumures, une richesse assez considérable pour assurer une abondante récolte. — La culture du lin préoccupe beaucoup d'agriculteurs en Algérie. M. Renouard, qui a déjà appelé l'attention sur la culture de cette plante dans la colonie[1], est revenu sur la question au Congrès, en faisant connaître les résultats obtenus par une usine établie à Boufarik pour répandre dans son rayon la culture du lin pour filasse. A cette occasion, M. Nicolas, professeur départemental à Oran, a rappelé les créations d'usines faites à diverses reprises, notamment à Philippeville et à Bône, et les bons résultats obtenus généralement dans la culture du lin. Toutefois, comme l'a fait observer M. Arlès-Dufour, le principal obstacle au développement de cette culture en Algérie est l'absence d'usines outillées pour utiliser les bas produits par le tissage; le transport de ces bas produits en France est très coûteux, tandis que s'ils étaient tissés dans le pays, ils trouveraient un écoulement facile.

M. Meunier a fait connaître les intéressantes recherches auxquelles il s'est livré sur la composition et la culture du sorgho sucré. Le dernier fascicule des *Annales* renfermant ce travail (page 73), il n'y a pas lieu d'y insister autrement que pour en rappeler l'importance.

Pour en finir avec les plantes spéciales, il faut signaler deux communications de MM. Ladureau et Renouard sur le *Soya hispida*, ou pois oléagineux du Japon, dont il a été beaucoup question depuis deux ans. Cette plante est remarquable par sa richesse en matières azotées et en matières grasses; elle renfermerait

1. *Annales agronomiques*, t. V (1879), p. 454.

7 p. 100 d'azote et 20 p. 100 de matières grasses ; elle peut servir à l'alimentation humaine comme à celle du bétail; toutefois, il faut prendre l'habitude de son goût particulier qui déplaît d'abord. Mais son rendement paraît loin de présenter de l'uniformité ; il faut que les conditions de sa culture soient étudiées encore pendant quelque temps. Ajoutons que, d'après les faits communiqués par M. Corenwinder, le soya peut parfaitement être utilisé par l'ensilage comme plante fourragère; on obtient d'excellents résultats en mettant la plante en silos par les procédés ordinaires, dès que les grains commencent à se former.

Une même dénomination peut souvent être appliquée à des choses de même origine, mais de valeurs bien différentes. M. Renouard nous en fournit un nouvel exemple, en ce qui concerne les tourteaux de coton. Il existe dans le commerce quatre espèces de tourteaux de coton : 1° le tourteau cotonneux, qui vient tantôt de Syrie, tantôt de Catane et qui renferme 3 à 3 et demi p. 100 d'azote; 2° le tourteau brut d'Alexandrie, qui en renferme 4 p. 100; 3° le tourteau épuré qui en renferme environ 5 p. 100; 4° le tourteau décortiqué, dont la teneur varie de 7 à 7,65 p. 100 en azote. Il n'est donc pas étonnant que des résultats très différents aient été constatés, suivant que l'on avait recours à tel ou tel de ces tourteaux. M. Arlès-Dufour s'est très bien trouvé de l'emploi du tourteau décortiqué dont il se sert pour l'alimentation du bétail depuis cinq ans; les proportions auxquelles il s'est arrêté, sont de 1 kilog. par jour dans la ration d'entretien, et 2 kilog. dans celle d'engraissement; le tourteau de coton lui présente, à raison de son prix peu élevé, un avantage considérable sur celui de lin.

M. Corenwinder a exposé, avec détails, un nouveau procédé d'utilisation des résidus solides de la distillation du maïs saccarifié par les acides. Par ce procédé, dû à MM. Porion et Mehay, ces résidus servent à la production d'huile grasse et de tourteaux convenables pour la nourriture du bétail ou comme engrais. La méthode d'extraction est basée sur ce double fait, que l'huile contenue dans le grain reste constamment fixée aux parties solides non dissoutes, et que les substances azotées restent aussi, pour la plus grande portion, avec ces matières non dissoutes. L'huile de drèche de maïs qu'on obtient ainsi, est un peu plus colorée que celle extraite directement des germes du maïs; elle peut

cependant recevoir des applications multiples, notamment pour la fabrication des savons mous et celle des dégras. La composition des tourteaux est très régulière; on peut en faire qui soient propres à l'alimentation du bétail ou à servir d'engrais. Jusqu'ici, les quantités de produits obtenus en moyenne, par 100 kilog. de maïs travaillé, ont été de 3 kilog. d'huile et 10 kilog. de tourteaux. D'après M. Corenwinder, cette innovation dans l'industrie de la fabrication des alcools de maïs peut en modifier heureusement la situation, car elle lui permettra de travailler avantageusement dans toutes les circonstances.

Les préoccupations de tous ceux qui recherchent les lois de la production agricole se portent de plus en plus sur l'utilisation par les plantes des matières fertilisantes qu'on leur fournit. Retrouve-t-on dans le sol tout ce qu'on y a mis, en d'autres termes, les propriétés absorbantes des terres arables sont-elles assez énergiques pour retenir les engrais solubles introduits quand ils n'ont pas été complètement utilisés l'année même de leur emploi : tel est le problème que M. Dehérain étudie, en reprenant et complétant les observations faites à Rothamsted par MM. Lawes et Gilbert. Ses recherches ont porté jusqu'ici sur l'utilisation de l'azote des engrais; les résultats en sont rendus manifestes par des tableaux graphiques qu'il a établis pour son enseignement de Grignon.

Sur ces tableaux, M. Dehérain montre d'abord l'influence qu'exerce sur le développement de la paille et du grain, de l'azote, appliqué à du blé, de l'orge et de l'avoine, sous forme de sels ammoniacaux, de nitrate ou de fumier. Des proportions variables de la fumure employée ont été utilisées par les plantes. Une certaine quantité est donc restée dans le sol. Pour la déterminer, on peut avoir recours à deux méthodes, ou bien analyser la terre, ou bien comparer les récoltes obtenues sur les sols qui ont reçu ces fumures antérieures à celles que donne un sol laissé sans engrais. Cette dernière méthode a été employée à Grignon comme à Rothamsted. D'une part, MM. Lawes et Gilbert ont constaté que les excédents de récolte obtenus avec les restes de fumure par les nitrates ou les sels ammoniacaux se sont assez bien maintenus; à Grignon, le résultat inverse s'est produit : non seulement le fumier de ferme s'est montré beaucoup plus efficace que les sels du commerce pour augmenter la proportion d'azote de la récolte ce qui n'a pas lieu à Rothamsted, mais en outre le sol de Grignon ne conserve presque

rien des sels solubles introduits dans les deux séries d'expériences ; là ne s'arrêtent pas les différences : non seulement la déperdition de l'azote a été beaucoup plus considérable dans les parcelles ayant reçu des sels rapidement solubles, que dans celles ayant reçu du fumier de ferme, mais en outre celles-ci présentent un véritable enrichissement. En comparant la composition du sol qui a reçu le fumier à celui de la parcelle sans engrais, on trouve que le premier renferme plus d'azote qu'il n'en a reçu.

La disparition d'une certaine proportion des matières utiles dans le sol est facile à expliquer par le lavage des eaux de pluie, par l'entraînement par les eaux de drainage. Quant à l'enrichissement du sol, il est plus difficile d'en dégager la cause.

M. Dehérain estime que cet enrichissement est dû à l'intervention de l'azote atmosphérique, d'autant plus active que la terre arable renferme une plus grande proportion de matières carbonées. Les analyses faites par M. Truchot de terres de prairies hautes d'Auvergne qui n'avaient jamais été fumées, y ont décelé la présence de 6 à 9 grammes d'azote par kilogramme, tandis que les bonnes terres ne renferment ordinairement que le tiers de cette quantité ; la proportion des matières carbonées dues aux détritus des plantes croissait dans le même sens. A Grignon, un résultat analogue a été obtenu, non en laissant dans le sol les détritus des plantes, mais par l'accumulation des matières carbonées apportées par le fumier.

Ces explications se trouvent complètement d'accord avec les expériences de M. Berthelot sur la combinaison de l'azote atmosphérique sous l'influence de l'effluve électrique. — La conclusion naturelle de cet ensemble de faits est que les matières carbonées ulmiques sont la cause directe de la fertilité du sol; mais elles brûlent très rapidement, et c'est pourquoi la culture sans engrais est extrêmement dangereuse. La deuxième conséquence est que les sels solubles ne peuvent pas réparer la perte des matières ulmiques, tandis que le fumier est le principal agent de l'enrichissement du sol, par les matières carbonées qu'il apporte avec lui.

M. Ladureau a fait observer que les mauvais résultats constatés par les agriculteurs du Nord à la suite d'un excès d'emploi des nitrates sont une confirmation de cette doctrine.

Dans un ordre d'idées analogues, M. Eugène Marchand (de Fécamp,) a envoyé au Congrès une note sur l'analyse du sol

arable par les plantes cultivées. Elle a surtout pour but de donner des indications sur la culture des plantes avec divers engrais, afin de caractériser le degré de fertilité d'un sol, et la proportion d'un des principes utiles à la végétation qui est en quantité insuffisante, chaque agent ne pouvant favoriser le développement des plantes que dans la mesure de son assimilabilité.

En ce qui concerne l'emploi des amendements ou des engrais, il faut encore citer une communication envoyée par M. Brasme, sur l'emploi de la marne, et ses avantages, tant pour modifier la constitution physique des sols que pour en augmenter la richesse en principes calcaires.

M. Dehérain étudie la maturation de l'avoine. Ses recherches qui se sont prolongées pendant cinq ans, démontrent que si parfois dans les années précoces, le maximum de matière sèche que présente la récolte d'un hectare ne coïncide pas avec la moisson, dans les conditions normales, l'avoine augmente son poids tout en mûrissant sa graine.

M. Dehérain compare la composition des chaumes à celle des épillets, il reconnaît que si pendant la maturation, les matières azotées s'échappent des chaumes pour venir se concentrer dans les grains, cette migration n'est jamais complète, et que même quand ses conditions météorologiques ont été telles que l'avoine est très pauvre, cette pauvreé est plus sensible sur les grains que sur les chaumes.

En 1878, année très pluvieuse, le sol de la parcelle sans engrais s'est trouvé très appauvri des nitrates qui s'y forment spontanément, et le grain qu'elle a fourni renfermait moitié moins de matières azotées que l'avoine normale.

Cette variation de composition explique les résultats différents que l'on obtient parfois, en donnant aux animaux domestiques des rations que l'on croit homogènes et qui ne le sont pas. Aussi les administrations qui ont de nombreuses cavaleries à nourrir prennent-elles l'habitude d'acheter leurs grains alimentaires à l'analyse.

II

En dehors des questions algériennes, peu de communications ont été faites au Congrès sur la physiologie animale. Nous n'avons à citer qu'une note de M. Ladureau, sur les variations dans la compo-

sition du lait des vaches pleines, et un travail de M. DELEPORTE-BAYART sur la stérilité des génisses jumelles d'un veau mâle.

Les observations faites par M. Ladureau sur les variations de composition du lait des vaches pleines, lui ont permis de constater que la principale différence porte sur la proportion des phosphates qui, dans le lait des vaches pleines, est notablement plus faible que dans les circonstances ordinaires. Il en conclut que ce lait ne peut pas servir à la nourriture des jeunes animaux.

M. Deleporte-Bayart a voulu surtout appeler l'attention des agriculteurs sur un fait admis par la plupart des vétérinaires, mais que peu d'éleveurs connaissent. Il a réuni un très grand nombre de faits, dont les uns sont empruntés à des auteurs français ou allemands, et dont les autres ont été observés directement par lui. La conclusion de ces faits est que, dans l'immense majorité des cas, les femelles qui ont un mâle pour jumeau sont frappées de stérilité, et que cette particularité reconnaît pour cause unique un vice de conformation de l'appareil sexuel, consistant toujours dans un arrêt de développement de ses parties constituantes à une époque peu avancée de la vie fœtale. Il est important, ajoute M. Deleporte-Bayart, que les éleveurs soient bien avertis de cette particularité, pour qu'ils ne perdent pas leur temps, leur peine et leurs fourrages à élever des bêtes femelles impropres à la reproduction ; le mieux serait de les sacrifier pour la boucherie dès leur bas âge, car il n'y a aucun profit à en espérer plus tard.

III

Le plus grand nombre des discussions de la section d'agronomie se sont terminées par des applications à l'Algérie. Rien de plus naturel, car il est unanimement admis que la principale richesse de la colonie est dans son sol et les admirables cultures qu'il peut porter.

M. ARLÈS-DUFOUR a lu une note très substantielle sur l'état actuel de l'agriculture entre les mains des Européens et celles des indigènes. La population agricole européenne était estimée, au dernier recensement, en 1876, à 123 300 âmes, et la population agricole indigène à 2 136 400 âmes. Les uns et les autres s'adonnent presque exclusivement à la culture des céréales et à l'éle-

vage du bétail. Les agriculteurs européens (dont 68000 sont Français) possèdent un domaine agricole de 1 million d'hectares, dont 377000 ensemencés chaque année en blé produisent 3500000 quintaux, soit 8 à 9 quintaux par hectare. Quant aux indigènes, ils ensemencent chaque année 2570000 hectares qui donnent 14500000 quintaux, soit 5 à 6 par hectare. Pour le bétail, il est ainsi réparti : les Européens possèdent l'équivalent de 140000 têtes de gros bétail pesant environ 300 kilog. par tête, soit 42 kilog. par hectare; quant aux indigènes, ils entretiennent environ 1100000 têtes de gros bétail pesant en moyenne 250 kilog., soit 27 kilog. seulement par hectare. Ces données permettent d'établir une comparaison entre les deux genres de culture. Elles permettent aussi de comprendre qu'il y aurait peu de chose à faire pour que la production augmentât dans de très grandes proportions. La plupart des colons se contentent d'un système de culture d'une très médiocre valeur, et ils sont loin d'atteindre les résultats obtenus même par la moyenne des agriculteurs français. Les indigènes se bornent à gratter le sol avec un araire en bois, et leurs récoltes sont ce que les font les saisons : si le temps est bon la récolte est passable, elle est nulle aux années de sécheresse. M. Arlès-Dufour a donc raison de dire que, avec peu d'efforts, le rendement des céréales augmenterait rapidement d'un tiers, et passerait du chiffre total de 18 millions de quintaux à celui de 24 millions, dont 4 millions au moins pourraient être exportés annuellement. Il n'y aurait même pas besoin, pour atteindre ce résultat, de faire de nouveaux défrichements, ni de rien demander aux 5 à 6 millions d'hectares de bonnes terres qui, de l'avis des hommes les plus compétents, seront un jour appelés à donner du blé. Il suffirait que les colons suivissent, même de loin, les exemples qui leur sont donnés par quelques agriculteurs habiles, et les conseils prodigués par les nombreux comices que compte aujourd'hui la colonie.

Quant aux indigènes, M. Arlès-Dufour estime, avec les hommes qui connaissent le mieux l'Algérie, que la mesure la plus efficace pour les faire sortir de leur vieille apathie, serait de constituer rapidement la propriété individuelle qui, tout en attachant l'Arabe au sol, lui permettrait d'aliéner au profit de l'Européen une partie de l'immense domaine qu'il est impuissant à cultiver. Cette aliénation donnerait entrée au sein même de la société arabe aux

moniteurs qui, seuls jusqu'à ce jour, ont pu fournir la preuve que l'indigène n'est pas absolument réfractaire à notre civilisation.

Dans un ordre d'idées moins général, M. BOITEL a appelé l'attention de la section d'agronomie sur l'extension prise depuis quelque temps en Algérie par l'emploi de la vapeur pour les défrichements de palmiers nains et les défoncements nécessaires à la plantation des vignes. Une entreprise à façon s'est formée, qui fait ces opérations à raison de 400 francs par hectare. Le cultivateur peut ainsi préparer, dans un hiver, 40 à 50 hectares de vignes défoncés à 60 centimètres et marcher rapidement dans la création des vignobles. — M. Arlès-Dufour a fait observer que l'emploi de la vapeur est surtout avantageux pour les défoncements, quoique l'opération soit payée trop cher. Dans les défrichements, il faut autant et plus d'adresse que de force ; la machine à vapeur manque de la souplesse nécessaire pour se plier aux mille conditions du travail qui varient suivant l'abondance des palmiers nains, des jujubiers, et aussi des roches. Dans les défoncements pour la plantation des vignes, la vapeur rend de grands services; on fait de 90 ares à 1 hectare par jour, en descendant à 60 centimètres. Le sol étant remué dans toutes ses parties, les racines de la vigne se développent avec beaucoup plus de vigueur que lorsqu'elles sont dans de simples tranchées, entre deux couches de terre non remuée. Les défoncements ne devraient pas, à ses yeux, coûter plus de 250 à 300 francs par hectare; ce prix devra même diminuer, lorsque les machines seront plus parfaites.

Depuis que la colonisation algérienne a pris du développement, on a beaucoup discuté sur les méthodes à adopter pour l'élevage du bétail. Ces discussions ont eu leur écho dans la section d'agronomie, tant pour les bêtes à cornes que pour les moutons.

M. ARLÈS-DUFOUR a traité, avec détail, la question primordiale pour l'espèce bovine : le petit bétail algérien est-il celui imposé par le milieu? Il répond par la négative. Pour lui, le bœuf, sauf dans le territoire de Guelma, est à la fois le résultat du milieu et de plusieurs siècles d'incurie et de déplorables méthodes d'élevage. Dans l'Algérie arabe, on ne trouve pas une étable, pas un abri pour le bétail, pas une meule de fourrages, à l'exception de celles de paille. Pas un hectare n'est cultivé en vue du bétail ; les broussailles, maigres pacages, tendent elles-mêmes à disparaître. Les vaches ont peu de lait, et encore est-il enlevé en grande partie

pour les besoins de la famille; le veau n'a que le strict nécessaire pour ne pas mourir de faim; aussi est-il étiolé dès ses premières semaines. La mortalité est effrayante, et atteint près de 50 pour 100 des animaux jeunes; il est vrai que ce qui reste est fortement trempé. Lorsque l'animal est sevré, un nouveau genre de misère l'atteint : au printemps, il y a pléthore de fourrages, en été il a encore les chaumes, mais en hiver il vit sur sa graisse. Les colons ont, dans leurs exploitations, modifié ces conditions; mais, s'ils font de l'élevage, ils ne peuvent, avec la race du pays, obtenir, à l'âge de quatre ou cinq ans, que des animaux pesant 350 à 400 kilogrammes; aussi la plupart se contentent de mettre en état les animaux qu'ils achètent maigres aux indigènes.

M. Arlès-Dufour estime que l'on peut obtenir d'excellents résultats en croisant la vache du pays avec des taureaux venus d'Europe: le charolais donne, avec la vache de Guelma, des animaux de 500 kilogrammes à trois ans. Chez lui, il a importé des taureaux durham qui ont parfaitement résisté au climat; les produits des croisements ont pesé 400 kilogrammes à vingt mois, en donnant 60 pour 100 de viande nette. L'alimentation régulière et la stabulation estivale lui paraissent les conditions indispensables du succès; il est essentiel que les animaux soient, pendant une grande partie de la journée en été, à l'abri du soleil; l'idéal serait le pâturage nocturne.

De son côté, M. Bonzom a donné des détails sur les rendements des animaux du pays élevés par les indigènes. A l'abattoir, ils ne fournissent généralement, d'après lui, que 75 kilogrammes de viande nette, à l'âge de cinq ou six ans.

En ce qui concerne les moutons, des détails encore plus complets ont été donnés à la section. On a entendu successivement M. Poulain comparant la production de la laine en Algérie et en Australie, M. Bourlier et M. Durand, directeur de la bergerie de Moudjebeur, dans leurs explications sur l'élevage du mouton entre les mains des Arabes. La conclusion de ces discussions est que la production du mouton, non seulement dans le Tell, mais surtout sur les hauts plateaux et jusque dans le Sahara, doit être une grande et fructueuse partie de la production agricole de l'Algérie. Au point de vue de l'amélioration de la race indigène, le meilleur résultat obtenu jusqu'ici a été dans le croisement avec le mérinos du midi de la France. Les produits de ce croisement sont remarquables à la

fois par la beauté de leur laine et par leur développement en viande; ils sont d'ailleurs d'une rusticité complète, et ils sont beaucoup moins sujets que la race locale à la mortalité qui décime souvent les troupeaux, à ce point qu'à certains moments ceux-ci perdent les neuf dixièmes des animaux qui les forment. Quant à la colonisation des hauts plateaux sur lesquels le mouton est le principal produit de l'agriculture, elle demandera beaucoup de temps, tant à raison de la sécheresse qui règne presque partout, que de la constitution de la propriété foncière; la terre y a été partagée entre les douars et elle y est inaliénable dans leurs mains, de telle sorte que le colon européen ne peut pas s'y implanter. Il n'y aurait pas d'autre moyen de sortir de cette situation, que de pratiquer l'expropriation de quelques tribus. L'amélioration des troupeaux des Arabes par les béliers mérinos de la bergerie de Moudjebeur, est une œuvre qui se poursuit avec persévérance; elle a donné déjà des résultats qui iront certainement en augmentant.

M. Claude, médecin-vétérinaire à Blidah, a fait ressortir l'absence d'un service vétérinaire pour veiller sur la santé des troupeaux et empêcher l'extension des maladies contagieuses. Tandis que la plupart des pays d'Europe ont organisé des services de ce genre, l'Algérie en est absolument dépourvue. Aussi la mortalité y a-t-elle pris des proportions énormes. Il est urgent de faire cesser cet état de choses, tant dans l'intérêt des colons que dans celui du commerce d'exportation qui, principalement pour les moutons, prend chaque année une plus grande extension.

Tout le monde est d'accord sur la nécessité d'améliorer le bétail algérien par une alimentation plus abondante et plus régulière, mais les irrigations sont absolument nécessaires dans le climat africain pour assurer une abondante production fourragère. Un des soucis de l'administration est de créer sur les cours d'eau des barrages-réservoirs pour emmagasiner les eaux d'automne et d'hiver. Quelques barrages ont été déjà construits, mais la plupart s'envasent rapidement; il faut trouver les moyens d'obvier à ce danger.

M. Calmels a présenté, sur ce sujet, une importante étude à la section d'agronomie. Le barrage-réservoir de Saint-Denis du Sig, dont la capacité est de 3 500 000 mètres cubes, renfermait déjà 700 000 mètres cubes de vase en 1879 : celui de l'Habra, qui a une capacité de 30 millions de mètres cubes, s'envase chaque année d'un million de mètres cubes. On calcule que l'envasement mini-

mum des barrages-réservoirs en Algérie est du 35e environ par an, tandis qu'il n'est que du 60e en Espagne. Le procédé des chasses par des galeries de curage, usité dans ce dernier pays, ne peut être adopté en Algérie : d'abord parce qu'il exige une vidange absolue du réservoir, ce qui perd une grande quantité d'une eau beaucoup trop rare, et ensuite parce qu'il entraîne les limons qui sont complètement perdus pour l'agriculture. M. Calmels propose un autre système dont le principe est de remettre le limon en suspension dans l'eau, au moyen de l'air qui est un excellent diviseur. Un moteur, par exemple une turbine, est placé à la sortie du barrage; il actionne un compresseur d'air qui chasse celui-ci, au moyen de tuyaux en caoutchouc et d'une lance, au milieu de la masse de vase. Les expériences faites à Saint-Denis du Sig ont donné d'excellents résultats, qui ont été consignés dans un rapport spécial[1]. L'application de ce système permettrait à l'agriculture d'utiliser non seulement les eaux, mais tous les limons qu'elles entraînent. A la suite de cette communication, la section a émis deux vœux :

1° Donner au service des ponts et chaussées en Algérie les ressources en personnel, l'organisation et les ordres nécessaires pour que, avec le concours de l'administration des domaines et au besoin à l'aide d'enquêtes, il détermine bassin par bassin et définisse avec précision les eaux superficielles qui font partie du domaine public;

2° Expérimenter dans le plus bref délai et avec toute l'ampleur que justifient l'importance capitale et l'extrême urgence de la question, les procédés à employer pour prévenir, combattre et détruire les envasements des nombreux barrages-réservoirs construits et à construire en Algérie.

Ces deux vœux ont été adoptés par l'Assemblée générale de l'Association française.

Quelque acharnement que les Arabes aient mis à détruire les forêts de l'Algérie, il en reste encore, principalement en Kabylie. Parmi les essences forestières utiles, le chêne-liège tient l'une des premières places. En effet, les forêts de chêne-liège ont, dans la colonie, une étendue totale de 430 736 hectares, dont 259 840 appar-

1. *Les barrages-réservoirs en Algérie; le dévasement;* compte rendu des expériences faites au Sig par M. Martin Calmels, ingénieur des arts et manufactures, in-4° avec planches, chez Jourdan, à Alger.

tiennent à l'Etat, 13153 aux communes, et 157 743 aux particuliers[1]. La plupart de ces forêts se trouvent dans la province de Constantine. On sait que le premier liège ou liège mâle est impropre aux usages de l'industrie; après son enlèvement ou l'émasclage de l'arbre, il se produit un liège de reproduction ou liège femelle dont les usages sont multiples. Les deux principales qualités qu'on demande au liège sont la finesse et l'élasticité; on admet généralement que le liège possède d'autant plus ces qualités qu'il se forme plus lentement. Cette opinion a été combattue par M. Bourlier qui exploite en Algérie de grandes forêts de chêne-liège. Son attention ayant été appelée sur des lièges formés lentement qui ne présentaient pas les qualités de finesse requises, il chercha s'il n'y aurait pas des variétés de chêne-liège donnant des produits différents. Il est arrivé à constater qu'il y a en Algérie plusieurs variétés de cet arbre, donnant les uns du liège fin avec une végétation rapide, les autres du liège grossier avec une végétation lente. Il a montré à la section d'agronomie des échantillons de liège de dix-huit et de vingt-sept ans qui étaient détestables, et à côté des échantillons, provenant de même sol, de huit, de sept et même de cinq ans, aussi épais et beaucoup plus fins. Il arrive ainsi à cette conclusion qu'on peut, dans un temps relativement assez court, éliminer tous les chênes-liège défectueux et les remplacer par la variété à végétation rapide donnant du liège très fin. On augmenterait ainsi, dans de grandes proportions, la valeur des forêts. — M. Bourlier a constaté aussi que l'on peut greffer le chêne-liège sur le chêne yeuse ou vert; ce serait, en greffant la variété à végétation hâtive, une autre méthode pour arriver au même résultat.

Sur la même question de la culture du chêne-liège, M. Gravelle a fait connaître le système préconisé de M. Capgrand-Mothes, et qui consiste à pourvoir l'arbre, après l'émasclage, d'un revêtement qui y demeure pendant six mois. Ce procédé permettrait à la fois de rendre plus rapide la production du liège femelle, et de le préserver des croûtes, crevasses ou piqûres qui sont souvent des causes de déchets considérables.

M. Braemer a appelé l'attention sur la fabrication du jus de citron pour la teinture. A ses yeux, l'Algérie pourrait produire une très grande quantité de ce jus, et supplanter la production sici-

1. *Le chêne-liège en Algérie*, par M. A. Lamey, inspecteur des forêts. Alger, 1879.

lienne qui fournit à l'industrie lyonnaise le jus de citron qu'elle consomme. C'est une question à étudier; M. Arlès-Dufour a fait observer qu'on ne peut pas cultiver le citronnier en Algérie dans les mêmes conditions qu'en Sicile.

Les sauterelles sont un des plus dangereux ennemis de l'agriculture algérienne. Aucun procédé n'a encore pu mettre les cultures de la colonie à l'abri de ces invasions de criquets, dont les bandes innombrables émigrent du sud, en suivant une ligne toujours droite, et dévorent tout ce qui se trouve sur leur passage, laissant derrière leur épaisse colonne la ruine et la dévastation, souvent pour plusieurs années. On a tout essayé contre elles : toutes les tentatives ont été impuissantes. Heureusement M. Durand est arrivé à trouver un moyen pratique pour les arrêter.

Après avoir subi diverses modifications, son procédé est le suivant : on fixe horizontalement une longue bande métallique sur des piquets, à quelques décimètres du sol ; le long de cette bande est attachée une toile de coton qui descend sur la terre, où elle est maintenue par des petites pierres, pour que le vent ne la soulève pas. Ce piège forme une longue ligne perpendiculaire à la direction que suivent les criquets ; en avant de cette ligne sont creusés de distance en distance des fossés de 1 mètre de profondeur. Lorsque les criquets arrivent, ils se heurtent à la bande de coton qu'ils essayent de franchir; mais ils sont arrêtés en haut par la bande métallique qui forme plafond, et ils retombent sur le sol. Marchant ensuite le long du piège, ils arrivent aux fossés dans lesquels ils tombent en s'étouffant mutuellement. Il paraît que le procédé est radical. M. Durand n'a pas eu à l'appliquer contre une invasion générale de sauterelles; mais dans des expériences partielles, aucun insecte n'a échappé au piège. A Souk-Arrhas, notamment, il a pu recueillir en vingt-quatre heures, 50 tonnes de criquets devant une vigne de 17 hectares, où son appareil a été disposé, et qui a été complètement préservée. Les frais d'achat, toutes dépenses comprises, s'élèvent à 600 francs environ par kilomètre linéaire; en répartissant cette dépense sur la surface protégée, M. Durand évalue les frais à environ 50 centimes par hectare. Le piège peut d'ailleurs être posé rapidement ; car cinq hommes peuvent en faire un kilomètre en une heure. Les détritus des sauterelles détruites forment un excellent engrais dont le prix de revient est presque nul.

L'organisation des voies de communication est une grave ques-

tion pour l'Algérie. M. E. Chabrier a insisté, devant la section d'agronomie, sur les avantages multiples que présenterait l'établissement de rails sur les accotements des routes. Un vœu tendant à la suppression en Algérie des formalités qu'entraîne l'établissement de ces sortes de voies, a été appuyé par la section, et adopté par l'assemblée générale de l'Association française.

Dans le même ordre de travaux, M. Chesnel a communiqué un mémoire sur l'emploi des voitures à vapeur pour les transports agricoles sur les routes de l'Algérie. Ces voitures du système Bollée et Lecordier, peuvent rouler sur les routes ordinaires, et elles sont préconisées surtout pour les transports à grande distance des denrées encombrantes, comme le sont la plupart des produits agricoles.

La dernière question qui ait été soulevée devant la section d'agronomie est celle de l'organisation de l'enseignement agricole en Algérie. Cette organisation préoccupe à juste titre tous ceux qui ont souci de l'avenir de la colonie. L'Administration de l'agriculture a déjà créé deux chaires d'agriculture dans les provinces d'Oran et de Constantine, mais la province d'Alger en est encore dépourvue. A côté de ces créations, a été formé un plan d'une organisation complète dont les détails nous sont donnés dans le rapport que vient de faire à la Chambre des députés, M. Thomson, au nom de la commission du budget, sur le service du gouvernement général de l'Algérie en 1882[1]. On y lit en effet :

« Le programme de l'Administration de l'agriculture comprend :

» 1° L'établissement, dans les trois provinces, de bergeries nationales avec écoles annexes dans la région du Tell, avec succursales sur les hauts plateaux et dans le Sud où se trouve concentré l'élevage du mouton;

» 2° L'institution dans chaque département de l'Algérie d'écoles pratiques d'agriculture offrant une solide instruction théorique et pratique aux fils des fermiers, des propriétaires et des colons à des conditions abordables pour eux;

» 3° La création d'écoles spéciales de viticulture et de vinification, ainsi que d'écoles spéciales d'irrigation;

» 4° L'institution d'un enseignement agricole nomade au moyen de professeurs départementaux. »

M. Thomson ajoute que ce programme a reçu un commencement

1. Annexe au procès-verbal de la séance de la Chambre des députés du 12 mai 1881.

d'exécution, et que l'avenir de la colonisation est intéressé à sa complète réalisation.

Il appartenait à l'Association française pour l'avancement des sciences d'aller plus loin. Après un rapport de M. Borgeaud qui a montré combien il y a de questions importantes pour la colonie à élucider encore, et après une discussion dans laquelle ont été successivement entendus MM. Boïtel, Dubost, Dehérain et Bourlier, la Section d'agronomie a cru qu'il était dans son rôle d'arborer le drapeau de l'enseignement agricole complet, c'est-à-dire prenant sa base dans les sciences naturelles, physiques, économiques. C'est pourquoi elle a émis le vœu que l'enseignement agricole théorique et pratique fût organisé le plus rapidement possible en Algérie. L'Association française, dans son assemblée générale, a adopté cette formule. Le passage de l'Association en Algérie n'eût-il pas eu d'autre résultat que d'appeler vivement l'attention des administrateurs de la colonie sur l'urgence de cette organisation, que le Congrès n'aurait pas été infécond. Ainsi que M. Bourlier l'a fait remarquer, le recrutement est assuré pour une école supérieure d'agriculture, tandis que celui des écoles pratiques, telles qu'on les entend en France, est loin d'être aussi certain. En effet, la classe des moyens propriétaires pour lesquels ces établissements paraissent créés, n'existe pas en Algérie; il n'y a pas actuellement d'intermédiaires entre les grands propriétaires et les petits colons.

IV

Pour achever le compte rendu du Congrès d'Alger, il ne reste plus qu'à signaler quelques publications offertes à la section d'agronomie. Il faut d'abord citer plusieurs publications espagnoles offertes par MM. Villanova, Jordano et E. de Robles, délégués par le gouvernement espagnol au Congrès : ce sont des études sur l'exposition viticole de Madrid en 1877, quatre volumes de conférences agricoles faites à Madrid, un rapport sur un concours de moissonneuses organisé à l'École de la Florida en 1879, et un grand nombre de brochures relatives aux recherches sur le phylloxera faites en Espagne. Le premier de ces ouvrages a déjà été signalé en France[1]; il renferme le premier relevé réellement digne de foi, qui ait été fait de la production viticole de l'Espagne.

1. Voyez le *Bulletin de la Société nationale d'agriculture de France;* décembre 1897.

M. Deleporte-Bayart a présenté aussi un compte rendu intéressant de l'exposition collective du département du Nord à l'exposition universelle de Paris en 1878. Dans ce travail, il a eu surtout pour but de mettre en relief les modifications qui se sont produites dans l'agriculture de cette riche région depuis 1867.

Avant de se séparer, la section d'agronomie avait à nommer son président pour 1882. Elle a élu M. Dubost, professeur d'économie rurale à l'École nationale d'agriculture de Grignon, qui dirigera ses travaux au Congrès de la Rochelle. Ajoutons que M. Frédéric Passy, membre de l'Institut, a été nommé vice-président de l'Association, et M. Edmond Perrier, professeur au Museum vice-secrétaire; ils rempliront les fonctions de président et de secrétaire général pour l'année 1883

RAPPORT SUR LES TRAVAUX EXÉCUTÉS EN 1880

A LA STATION LAITIÈRE DU FAU (CANTAL)

par

M. E. DUCLAUX

Professeur à l'Institut agronomique.

Monsieur le Ministre,

J'ai l'honneur de vous adresser mon rapport sur les travaux exécutés, pendant l'année 1880, à la station laitière du Fau. Ainsi que vous pourrez le voir, j'y prouve que la maturation des diverses espèces de fromages s'accomplit par un mécanisme unique, placé sous la dépendance des infiniment petits.

J'ai naturellement essayé de faire passer dans la pratique les conclusions théoriques auxquelles j'ai été conduit. Bien que mes tentatives dans cette direction, qui se résument en un essai de fabrication de fromage maigre du Cantal, soient de date trop récente pour que je les considère comme tout à fait probantes, elles m'encouragent pourtant à persévérer, et c'est dans cette voie que je vais encore marcher cette année, si vous voulez bien me continuer votre bienveillant concours.

J'ai l'honneur d'être, Monsieur le Ministre, votre très respectueux serviteur,

E. Duclaux.

DU RÔLE DES INFINIMENT PETITS DANS LA FABRICATION DU FROMAGE.

I. — Produits directs de l'action des ferments.

Dans mon rapport de l'an dernier[1], j'ai donné l'histoire détaillée de quelques-unes des espèces microscopiques si actives qui interviennent dans la fabrication et la maturation des fromages. Le nombre de celles que j'ai étudiées est très petit par rapport au nombre de celles qui peuvent jouer un rôle. Je n'ai mis tous mes soins à me rendre compte de leurs propriétés que dans l'espoir de voir se dégager, de toutes ces histoires particulières, quelques traits généraux dont la connaissance, une fois bien établie, pourrait permettre de rendre plus superficielles les études ultérieures.

Cet espoir n'a heureusement pas été déçu, et cette année, en étendant mes recherches, plutôt en surface qu'en profondeur, j'ai pu me convaincre du degré de généralité très grand des deux conclusions que j'avais dû présenter avec une certaine réserve dans mon rapport de l'an dernier. Tellement, que je me crois autorisé à abandonner l'histoire des espèces particulières pour entrer dans l'examen de l'action commune qu'elles exercent toutes, à des degrés divers, il est vrai, mais toujours dans le même sens et aussi, autant qu'il est possible de le voir, par un mécanisme identique.

En se développant dans le fromage, les microbes que nous étudions y vivent à peu près exclusivement aux dépens de la matière azotée, de la caséine qu'il renferme. La matière grasse reste inaltérée. Si elle est quelquefois atteinte, c'est par voie latérale, oblique, et parce qu'elle subit l'action du carbonate d'ammoniaque produit par les ferments. Il en résulte une saponification, une formation de sels ammoniacaux à acides gras, avec mise en liberté d'un peu de glycérine, qui peut quelquefois fermenter à son tour; mais la transformation de propriétés et de goût qui provient de ce chef est toujours très superficielle, et ne pourrait devenir profonde sans en-

1. Voy. *Ann. agronom.*, t. VI, p. 161 et pour les précédents mémoires, t. IV, p. 5, et t. V, p. 5.

traîner la perte du produit. Le caséum, au contraire, doit être et est en effet complètement transformé pendant la maturation.

Une partie des modifications qu'il subit, la seule sur laquelle j'ai insisté dans mon rapport de l'an dernier, est due à ce qu'il sert de matière alimentaire aux ferments, ou du moins à ce que, en sa qualité de substance fermentescible, il entre comme élément essentiel dans le mécanisme vital de certaines cellules qui deviennent par là capables de le détruire, ou de le résoudre en groupements moléculaires nouveaux.

Ces groupements, en général faciles à isoler et à reconnaître quand ils proviennent d'une substance hydrocarbonée simple, comme par exemple du sucre, sont encore très complexes, et paraissent en outre très nombreux, quand ils résultent de la destruction d'une molécule aussi compliquée que semble l'être la molécule de caséine ou d'une substance albuminoïde quelconque. Il est même impossible, dans l'état actuel de nos connaissances, de comparer ces sortes de débris de l'édifice initial avec cet édifice lui-même, dont la constitution nous est totalement inconnue.

Tout ce que l'on peut faire, c'est d'établir une sorte d'échelle de décomposition ou de destruction graduelle, partant de la molécule originelle pour aboutir aux plus simples de ses produits. Nous trouvons alors, tout près de la caséine, des substances que l'on peut encore appeler albuminoïdes, parce qu'elles font encore partie intégrante des tissus vivants. Ce sont celles que laisse se dissoudre, par exemple la fibre musculaire pendant la fabrication du bouillon, et dont une partie peut être rapprochée de la gélatine, pendant qu'une autre portion, ayant sans doute subi un degré plus avancé de décomposition, est devenue soluble dans l'alcool et porte d'ordinaire le nom vague d'*extractif*. Le fromage renferme une sorte de gélatine et des matières extractives. Viennent ensuite des matières cristallisables, comme la tyrosine, la leucine, l'alanine; des sels ammoniacaux dont les acides, appartenant à la série des acides gras, sont surtout l'acétique, le butyrique et le valérianique. Puis vient, comme terme ultime de décomposition, le carbonate d'ammoniaque dont nous parlions tout à l'heure, qui communique à la masse tout entière, quand le fromage est affiné, sa faible réaction alcaline.

Tous ces produits, que nous pouvons appeler produits directs de l'action des infiniment petits, sont pour beaucoup, comme on

peut le prévoir, dans le goût que prend le fromage. Les acides que j'ai énumérés plus haut ne sont pas de ceux qui peuvent passer inaperçus, même lorsqu'ils sont en faible proportion. Les produits solubles dans l'eau, de leur côté, affectent autrement l'organe du goût que la masse insipide de caséine coagulée qui leur a donné naissance. La saveur de chaque variété de fromages est une résultante complexe de l'ensemble des matériaux qui s'y sont formés; mais il faudrait bien se garder de se laisser entraîner, par là, à croire que ces matériaux sapides dominent dans la pâte du fromage. Ils n'y sont au contraire, en général, qu'en proportion médiocre, comme un condiment mêlé à un aliment. La masse alimentaire a une origine différente qu'il s'agit maintenant d'étudier.

II. — Produits indirects de l'action des diastases.

Aux produits de transformation qui résultent des actes nutritifs des ferments, viennent s'ajouter des matériaux formés sous l'influence de certaines diastases sécrétées par ces microbes et à l'aide desquelles ils étendent leur action à distance. Ces diastases ne peuvent, en effet, prendre naissance que sous l'influence de la vie, mais une fois produites, elles agissent à la façon de réactifs chimiques et sont devenues indépendantes des cellules qui leur ont donné naissance. On peut même les séparer par des moyens appropriés de la masse qu'elles ont imprégnée ou du liquide dans lequel elles sont entrées en dissolution, et examiner leur action isolée de celle de l'être qui les a sécrétées.

Les ferments de la caséine sécrètent tous, en proportions variables, deux espèces de diastases. L'une jouit de toutes les propriétés de la présure de l'estomac de veau. Elle coagule le lait, mais une fois la caséine précipitée, cette première diastase a épuisé son action et est incapable de redissoudre et de rendre soluble le coagulum formé. C'est alors qu'intervient la seconde diastase, qui est, à proprement parler, une diastase digestive, transformant la caséine en substances de même nature que celles qui résultent de la digestion du lait. Comme la première, cette diastase a aussi son analogue dans l'organisme; seulement ce n'est plus dans l'estomac, c'est dans le pancréas qu'il faut aller la chercher.

La diastase présure ne joue aucun rôle dans la fabrication des fromages, qui proviennent toujours de lait coagulé avec de la

présure de veau; mais elle est une menace constante pour les industries qui exigent une plus ou moins longue conservation du lait, et c'est à elle que sont dus ces cas de coagulation spontanée, sans acidification préalable, que les laitiers et les fabricants de beurre ont fréquemment l'occasion d'observer. La diastase digestive joue, au contraire, dans la maturation des fromages, un rôle prédominant, et c'est à elle que sont dues la demi-transparence et la solubilité partielle dans l'eau que prend la pâte.

On peut fabriquer à son aide, et en quelques jours, des produits qui ont l'aspect gras et coulant du brie ou du camembert, mais qui, chose remarquable, sont presque insipides, ou, du moins, n'ont à aucun degré le goût que nous demandons aux fromages affinés. C'est qu'il y manque les substances, plus sapides et plus odorantes que nous avons vu provenir du développement et de la vie des ferments, ces produits que nous avons appelés directs, et qui, dans tout fromage, doivent venir se superposer aux produits indirects de l'action des diastases. Un fromage est *fait* quand il contient dans une proportion convenable, variable d'une espèce à l'autre, et en rapport avec le mode de fabrication, ces deux catégories d'éléments. Si par les uns, il est surtout un excitant de l'estomac et de l'appétit, par les autres, il devient une sorte d'aliment à moitié digéré, apportant dans l'organisme un excédent de ferments animés et de diastases solubles.

Ces deux diastases jouent, comme on le voit, dans l'industrie du lait, un rôle trop considérable pour que nous n'ayons pas profit à étudier en détail leurs propriétés et leur mode de production. C'est ce que je vais faire, en m'attachant surtout au côté pratique.

III. — Diastase présure.

Les présures sécrétées par les microbes du fromage ayant les mêmes propriétés que celle qu'on retire de l'estomac du jeune veau, il est commode, une fois cette ressemblance établie, de s'adresser à cette dernière pour l'étude des propriétés communes.

En abattant un jeune veau, ou plus généralement un jeune mammifère encore en lactation, on trouve dans son estomac des grumeaux plus ou moins solides de caséum coagulé. Un des moyens les plus anciennement employés pour la préparation de la présure

consiste à laver superficiellement et à égoutter ces grumeaux, qu'on réintroduit dans la poche stomacale. Puis on dessèche le tout à l'air, aussi rapidement que possible. Une caillette bien préparée doit avoir une couleur jaune brun, ne pas présenter de moisissures, et ne dégager aucune mauvaise odeur. Elle doit de plus ne pas être trop vieille au moment de son emploi. Lorsqu'elle a un an de date, ses propriétés sont fort affaiblies ou même ont disparu.

Si, dans une caillette ainsi préparée, on cherche où est la diastase active, on constate qu'elle est surtout déposée dans l'épaisseur de la couche interne de l'enveloppe stomacale qui représente la muqueuse desséchée. C'est en effet la muqueuse qui, dans l'estomac frais, est la source principale de la présure, mais il n'y en a pas que là. La tunique musculaire externe s'en est imprégnée, et peut agir comme la muqueuse, bien qu'avec moins d'intensité. Enfin, les grumeaux intérieurs en renferment aussi et en proportion bien plus considérable que n'en donnerait une simple imbibition.

Dans ces grumeaux, en effet, se trouvent enclavés de très nombreux microbes, déjà présents dans l'estomac au moment où on a abattu l'animal, qui avaient déjà commencé à sécréter leur présure, et qui ont continué à en produire pendant les quelques jours qu'a duré la dessiccation de la masse. Il y en a, par suite, de toute prête à agir, en dehors de toute intervention nouvelle des infiniment petits, au moment où on met la masse en macération dans l'eau. C'est pour des raisons et par un mécanisme analogues qu'on peut se servir et qu'on se sert, en effet, quelquefois d'un fragment de fromage vieux pour provoquer la coagulation du lait.

Mais il faut remarquer que le fabricant de fromages n'utilise pas seulement la présure contenue à l'origine dans la caillette employée. On comprend qu'une fois la macération commencée, tous les microbes que nous venons de trouver dans la caillette, et tous ceux qui peuvent s'y ensemencer spontanément vont vivre, se développer et produire leurs diastases. Grâce à celles-ci, la faculté de coaguler le lait pourra se perpétuer dans le liquide, malgré les emprunts journaliers qu'on lui fait, et les additions d'eau ou de petit-lait par lesquelles on remplace le liquide employé. La masse pourra rester active, lorsque toute la présure initiale aura disparu.

L'écueil à éviter dans cette opération est l'apparition des infusoires de la putréfaction, dont la présence est bientôt signalée par l'odeur que prend le liquide. Ces infusoires anaérobies sont, comme

nous le verrons bientôt, de très médiocres producteurs de diastases, et peuvent même faire disparaître celles qui existent déjà. La pratique dont je parlais tout à l'heure, de remplacer par de l'eau ou du petit-lait les portions de présure enlevées pour la consommation journalière, a précisément pour résultat de s'opposer dans la mesure du possible au développement des ferments putrides, parce qu'elle amène tous les jours dans la masse une petite quantité de liquide aéré, et un brassage au contact de l'air, du moins dans les couches superficielles.

Il vient pourtant un moment où ces ferments putrides apparaissent, et où le liquide de macération non seulement n'a plus de propriétés coagulantes, mais pourrait apporter dans la pâte du fromage des éléments de destruction qu'on a intérêt à éliminer. A ce moment, il faut jeter ce liquide devenu inerte et dangereux, et le remplacer par une macération nouvelle.

Les solutions de présure fournies par ce procédé ne présentent naturellement pas une force coagulante régulière ; cette force est presque nulle à l'origine, commence à être bien marquée au bout de vingt-quatre heures, et passe ensuite par un maximum au delà duquel elle diminue de plus en plus. La dose de présure à employer pour coaguler une quantité déterminée de lait est donc constamment variable. De là une incertitude dans la fabrication, qu'il est bon de faire disparaître. On y arrive par l'emploi des dissolutions concentrées de présure que le commerce offre maintenant, et dont un litre peut amener à bonne coagulation de 10 à 15000 litres de lait.

Du commencement à la fin de son emploi, une bouteille de ce liquide conserve une force sensiblement constante, qu'on est sûr de retrouver avec des changements insignifiants dans une nouvelle bouteille, à la condition de s'adresser à un fabricant consciencieux et produisant beaucoup. La plus répandue de ces présures est celle que fabrique M. Hansen, pharmacien à Copenhague. C'est un liquide assez limpide, ayant un peu la couleur de la bière blonde, une odeur qui rappelle celle du cumin, une saveur salée, et une réaction un peu acide. C'est une macération concentrée de caillettes de veau de lait, protégée par une forte proportion de sel marin contre l'envahissement des êtres microscopiques. Son procédé de fabrication est tenu secret. Elle nous arrive en France à un prix qui n'est pas très élevé, mais qui me semble un peu hors de proportion avec son prix de revient.

Rien n'est en effet plus facile que de préparer, à peu de frais, une présure extrêmement active, ayant les qualités de conserve de la présure Hansen. On prend pour cela un estomac de jeune veau, qu'on lave à grande eau, et rapidement. Si l'on n'est pas pressé, on gonfle cette caillette, et on la laisse à l'air pendant deux ou trois mois. On a l'avantage de coaguler ainsi et de rendre insoluble une sorte de mucus qui, en se dissolvant dans la macération, la rend visqueuse et l'empêche de passer facilement au travers des filtres. Mais on peut parfaitement éviter cette attente, et employer l'estomac frais. On sépare la partie voisine du pylore, plus riche en mucus et moins riche en présure, on coupe le reste en petits morceaux, qu'on fait macérer pendant deux ou trois jours dans dix fois le poids d'une solution à 5 p. 100 de sel marin. Au bout de ce temps, on ajoute encore 5 p. 100 de sel marin, 10 p. 100 d'alcool, ou ce qui revient au même, 5 p. 100 d'acide borique, on décante après avoir laissé déposer, on filtre la partie trouble du liquide, dont on mélange les deux portions, et l'on conserve au frais.

Je me suis assuré qu'il n'était même pas absolument nécessaire de se servir de l'estomac d'un veau n'ayant jamais consommé que du lait; j'ai préparé une présure très active avec la caillette d'un veau de quatre mois, tetant encore, mais très peu et à de longs intervalles, et surtout nourri d'herbe fraîche. La présure persiste dans l'estomac huit ou dix mois après la naissance, tant que l'alimentation reste en partie lactée; mais elle cède de plus en plus le pas à la pepsine, qui bientôt existe seule chez l'animal adulte. La caillette du mouton de boucherie ne renferme plus de présure.

Quel que soit leur mode de fabrication, ces présures concentrées doivent être conservées au frais et à l'abri de la lumière, de façon à éviter leur envahissement par les infusoires. De plus, elles doivent être tenues bouchées, à cause de l'action de l'air qui semble oxyder et détruit peu à peu la diastase qu'elles renferment. C'est à cette cause qu'il faut rapporter la diminution de force coagulante, la rétrogradation que subissent toutes les présures industrielles dans le mois ou les deux mois qui suivent leur préparation, et qui dure jusqu'au moment où tout l'oxygène contenu dans le liquide a été consommé. C'est encore l'air qui amène l'affaiblissement qu'on a l'occasion de constater dans les bouteilles de présure, même maintenues bouchées, mais gardées trop longtemps en vidange.

En ajoutant à ces présures sept à huit fois leur volume d'alcool,

on précipite une masse de mucus qui entraîne avec elle la diastase, de sorte que le liquide alcoolique n'a plus aucune propriété, tandis que le précipité, redissous dans l'eau, se montre très actif. Ce procédé de préparation est donc excellent. Avec les proportions d'alcool indiquées, on ne perd que 1 p. 100 de la présure initiale, mais il faut avoir la précaution de ne pas laisser trop longtemps le précipité au contact de l'alcool. Le mucus perdrait son eau, deviendrait cohérent et insoluble dans l'eau, et formerait une sorte de gangue empêchant la présure de se dissoudre, et par suite de manifester ses propriétés.

En filtrant après douze heures, aussitôt que le précipité est rassemblé au fond du vase, on évite cet inconvénient. On obtient alors une masse molle qu'on peut dessécher à douce température. C'est à cet état qu'elle se conserve le mieux et redoute le moins l'action de l'air. Nous avons vu qu'on utilisait cette propriété en faisant dessécher les caillettes qu'on destine à la fabrication de la présure. Certains industriels ont cru qu'il y avait avantage à fabriquer des présures solides, en mélangeant la substance active avec un excipient convenable, mais ces poudres ne se prêtent pas facilement à un dosage régulier, et les présures liquides seront toujours plus commodes sous ce rapport.

Examinons maintenant les effets qu'amène le mélange de ces présures avec du lait. On leur demande d'extraire de ce liquide la plus grande proportion de caséum, et de le transformer, dans un temps convenable, en une masse douée de certaines propriétés, variables d'une fabrication à une autre, mais constantes pour chaque espèce de fromages. Il y a donc à considérer la rapidité et la perfection de la coagulation. Ces deux côtés du phénomène sont sous la dépendance d'un certain nombre de circonstances qu'il est utile de bien connaître.

Il y a d'abord la nature du lait. Aucune coagulation n'entraîne la totalité de la caséine, et il en reste toujours en solution une certaine proportion, avec ses propriétés originelles. — Cette proportion est variable avec les divers laits, variable aussi avec le lait d'une même bête au printemps, à l'été et à l'automne. Quelquefois même, le lait se refuse à l'action de la présure, ou ne donne qu'une quantité insignifiante de coagulum. Il y a là des phénomènes que je me contente de signaler pour le moment, me réservant d'y revenir quand nous serons mieux préparés à en saisir les causes.

Mais la nature du lait n'est pas seule à jouer un rôle, et sa température en a un plus important, ou du moins, mieux connu. Le lait est d'ordinaire mis en présure à des températures variant de 25° à 35°, et entre ces limites, une expérience séculaire apprend que la présure agit d'autant plus vite que le lait est plus chaud; mais il est intéressant de savoir ce qui se passe au-dessus et au-dessous de ces deux températures. Au-dessus, on sait qu'à 65°-70°, la présure perd toute son action. Au-dessous, où les expériences sont plus délicates à cause des complications qu'amène leur envahissement par les ferments, je me suis assuré, en introduisant de la présure débarrassée de germes dans du lait stérilisé, qu'on pouvait maintenir indéfiniment vers 10° les deux substances en présence, sans voir apparaître de coagulation.

A 10° et à 65°, la présure est donc également inactive : dans le second cas, parce qu'elle est détruite; dans le premier, parce que la chaleur convenable lui fait défaut. Entre ces deux extrêmes, son action passe à un maximum qui, d'après les expériences concordantes de MM. Segelcke et Storch, de Martiny et de Fleischmann, se produit au voisinage de 41°.

A 37°, température ordinaire du lait sortant du pis de la vache, l'action est un peu plus faible qu'à 41°, de $\frac{1}{10}$ environ de sa valeur, mais comme c'est là une sorte de température naturelle qui est devenue par la force des choses la température normale de coagulation dans un grand nombre de pays, il est naturel de la prendre comme terme commun dans toutes les expériences, et une présure sera, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus forte qu'elle coagulera, dans le même temps, une plus grande quantité de lait pris à la température de 37°.

Il serait évidemment utile de faire un pas de plus, et de pouvoir indiquer par un chiffre unique le degré de force d'une présure, en disant quel est le volume de lait qu'un volume déterminé de présure peut coaguler dans un temps donné. Le choix de l'intervalle de temps est arbitraire. On prend d'ordinaire 45 minutes, durée normale de la coagulation dans un grand nombre de fabrications, et pour étudier une présure, on cherchera ce qu'il faut ajouter de lait à un centimètre cube de cette présure pour que la coagulation ait lieu en 45 minutes à la température de 37°.

Cette étude exigerait de nombreux tâtonnements s'il n'y avait une loi assez régulière de proportionnalité inverse entre le temps de la

coagulation et la quantité de présure employée, de sorte que si une certaine quantité de présure a amené la coagulation en 30 minutes, par exemple, il n'aurait fallu que les $\frac{2}{3}$ du volume de présure employé pour amener la coagulation en 45 minutes. Plus généralement, si avec un volume v de présure on a coagulé un volume V de lait en n minutes, le volume de lait qu'on aurait pu coaguler en 45 minutes avec le volume v, aurait été de $\frac{V \times 45}{n}$, et avec un volume de présure égal à l'unité on aurait coagulé $\frac{V}{v} \times \frac{45}{n}$. C'est ce nombre qui représentera la force de la présure.

Il y a toutefois à prendre dans l'application de ce procédé une précaution indispensable. Le nombre n ne doit guère être au-dessous de 20, ni beaucoup au-dessus de 60; en d'autres termes, la loi de proportionnalité inverse qui a fourni la formule n'est vraie que lorsque la coagulation dure moins de vingt minutes, ou ne dure pas plus d'une heure. Avec des quantités de présure trop faibles, la durée de l'action augmente indéfiniment. D'autre part, même en ajoutant un volume notable de présure, on ne peut réduire au-dessous d'une certaine limite la durée de la coagulation qui n'est jamais instantanée, sans doute parce qu'elle correspond, non à la formation d'un précipité, mais à une modification moléculaire.

J'insiste sur ce fait, parce que, lorsqu'on étudie par ce moyen l'activité coagulante des présures des microbes, on rencontre des phénomènes, en apparence tout nouveaux, qui pourraient conduire à l'idée d'une différence spécifique entre les deux espèces de présure. Pour les présures de microbes, en effet, la loi de proportionnalité inverse ne s'applique qu'entre des limites encore plus étroites que pour celle de veau, et encore elle ne s'applique pas toujours. Avec de faibles quantités, la coagulation est très lente, et si l'on augmente la dose, on n'obtient quelquefois qu'un coagulum mou, flottant, n'ayant aucune ressemblance avec celui que donne la présure de veau. C'est que cette présure est, comme nous l'avons vu plus haut, une diastase à peu près pure, tandis que celle des microbes est un mélange, à proportions variables, de diastase coagulante et de diastase digestive qui dissout le coagulum formé. Cette dernière, plus lente dans son action que l'autre, paraît aussi n'agir qu'à partir d'une dose minimum plus élevée. Elle superpose constamment ses effets à ceux de la première, et peut même mas-

quer complètement la coagulation. Dans ce cas, le lait se transforme sans coagulation préalable, et nous allons bientôt revenir sur ce fait.

Il y a pourtant quelques microbes pour lesquels la mesure de l'activité coagulante de leur présure est facile, et alors se présente la question intéressante de savoir si, à poids égal de cellules vivantes, la muqueuse d'une caillette et les ferments du lait sécrètent des diastases de puissance égale ou au moins comparable.

Pour la muqueuse de l'estomac, il n'y a aucune difficulté à réaliser ces conditions de comparaison sérieuse. On prend un poids donné de muqueuse, obtenue en raclant l'intérieur de l'estomac avec une surface mousse et arrondie, on l'épuise par l'eau, ou, ce qui revient au même, on la met en macération dans un volume donné d'eau, en suivant les indications qui ont été fournies plus haut. On procède à l'essai de la force de la présure obtenue, et l'on en conclut le volume total de lait qu'on pourrait coaguler avec le volume de macération obtenu. On trouve ainsi qu'un estomac de veau, pesant sec, en moyenne, 65 grammes, sur lesquels il y a environ moitié de muqueuse, peut coaguler, en quarante-cinq minutes, à 37°, de 5 à 10000 litres de lait, c'est-à-dire en moyenne 200000 fois le poids de la muqueuse[1].

Pour les microbes, la comparaison n'est pas aussi facile. Il faut d'abord amener les ferments à donner leur maximum, en les faisant vivre dans le liquide le mieux approprié à leur développement. Le lait convient très bien à quelques-uns, mais pas à tous, et il y aurait à se préoccuper de ce fait si l'on voulait étudier la question d'une manière complète. En restant sur le terrain pratique, on peut choisir ce lait comme liquide de culture commune, et chercher quelle est l'activité coagulante qu'il possède, lorsqu'il a nourri un certain poids de microbes que l'on peut considérer comme ayant été en macération continue dans le liquide étudié. Il y a bien une

1. Si l'on compare le poids de lait coagulé au poids de la diastase, on trouve encore des chiffres plus disproportionnés. Une présure concentrée, préparée par Soxhlet, et qui coagulait 50000 fois son poids de lait à 35°, en quarante minutes, ne contenait que 8,1 p. 100 de matière organique en solution. Celle-ci agissait donc sur 600000 fois son poids de lait, et ce n'était pourtant pas de la diastase pure. L'activité spécifique de cette dernière doit donc être évaluée encore plus haut, certainement à plus du double, et peut-être davantage. Il suffit donc que la muqueuse contienne 10 p. 100 de son poids de diastase pour manifester une action aussi énergique que celle que nous venons d'y découvrir.

petite cause d'erreur qui tient à ce que la coagulation du lait de culture exige l'emploi d'une certaine quantité de la présure produite, mais on peut la négliger si la présure est un peu énergique.

On trouve ainsi qu'à poids égal de cellules vivantes les forces coagulantes des présures sont du même ordre, qu'elles proviennent de la muqueuse de veau ou des infiniment petits; mais tous ces derniers ne sont pas au même niveau, et il y a même à ce sujet une remarque importante à faire, c'est que les êtres aérobies se montrent en général plus actifs producteurs de présure que les anaérobies. Je n'insiste pas pour le moment sur ce fait, me réservant d'y revenir à propos de la diastase digestive. Je ne veux conclure de l'ensemble des notions qui précèdent que le résultat suivant, c'est qu'au point de vue de la nature et de la puissance de la diastase qu'elles sécrètent, les cellules des ferments ressemblent aux cellules de l'organisme. Nous retrouvons la même conclusion à propos de la diastase que nous allons étudier.

IV. — Diastase digestive.

Cette diastase coexiste avec la première dans tous les microbes que j'ai isolés, mais en proportion variable, et les phénomènes qui accompagnent le développement des microbes dans le lait sont différents suivant que l'une ou l'autre prédomine.

Supposons que ce soit la présure, et prenons pour cela un être anaérobie, par exemple le vibrion que j'ai décrit sous le nom de vibrion massue[1]. Ensemençons-le dans du lait contenu dans un tube de verre, où la profondeur est grande comparativement à la largeur. Au bout de vingt-quatre ou de quarante-huit heures, nous trouverons à la place du lait, un coagulum ferme, blanc, très opaque, creusé, par des bulles de gaz qui se dégagent, de grands sillons irréguliers; ces sillons se remplissent de liquide où les vibrions vivent et se meuvent plus facilement qu'empâtés dans la masse du caséum. Aussi est-ce par là que la redissolution du caséum commence, grâce à la diastase digestive que sécrètent les microbes, mais la liquéfaction est lente et peut quelquefois ne pas être complète.

Prenons maintenant un exemple inverse, et ensemençons, par

1. Rapport de 1879, *Ann. agronomiques*, t. VI.

exemple, dans du lait exposé en grande surface à l'air l'être que j'ai appelé filament ténu, dans le travail cité plus haut. Si la température n'est pas très élevée, et ne dépasse pas 20°, il n'y a plus de coagulation. Le lait se décolore peu à peu, en commençant par les couches supérieures, perd son opacité et est remplacé au bout de quarante-huit heures, quelquefois au bout de vingt-quatre, par un liquide transparent dont la couleur rappelle celle du petit-lait[1].

Si, avec ce même filament ténu on élève la température à 30° ou 35°, la coagulation se fait toujours, non parce qu'il y a plus de présure produite, mais parce que ce lait est devenu sensible à son action. Le coagulum est un obstacle passager au développement du filament ténu, qui finit bien par en avoir raison, mais y met plus de temps qu'à 20°, lorsque pourtant la température de 35° lui est en somme plus favorable. On a donc, malgré tout, intérêt à chauffer peu, quand on veut avoir une action rapide.

En les deux cas extrêmes que nous venons d'examiner sont compris tous les autres cas, où l'on voit toujours intervenir non seulement la nature du microbe, la proportion de ses ferments solubles, mais encore la température. Généralement, avec les aérobies, quand le coagulum se forme, il est de courte durée, et se dissout assez régulièrement, soit de haut en bas par couches successives, soit en se segmentant en lobes muqueux qui se fondent pour ainsi dire dans ce liquide environnant. Dans tous les cas, on arrive à une substance dont la couleur et l'odeur, au bout de quelques jours, rappellent plus le bouillon de ménage ou le bouillon Liebig que le lait originel.

Dans les opérations ainsi conduites, ce liquide renferme, mélangés, les produits directs de l'action des microbes, et les produits indirects fournis par leurs diastases. Il est facile de séparer ces derniers en précipitant par l'alcool les diastases en solution, et en se servant du précipité pour transformer une nouvelle portion de lait, en dehors de toute ingérence nouvelle des infiniment petits. On obtient alors, quelle que soit l'espèce de microbes à laquelle on s'adresse, des produits sensiblement pareils, qui ne sont pas absolument identiques

1. On distingue alors parfaitement au fond du vase un dépôt blanc formé de phosphate de chaux. On pourrait croire que ce fait donne raison aux savants qui attribuent l'état de la caséine dans le lait à sa combinaison avec un peu de phosphate de chaux. Il n'en est rien. Il se dépose aussi du phosphate de chaux dans le lait normal, lorsqu'on le préserve de l'invasion des ferments, et qu'il peut ainsi rester liquide. Seulement le dépôt est moins visible que dans le lait décoloré.

dans les premières heures, la transformation demandant du temps, mais qui finissent par se ressembler autant que les caséines de deux laits différents.

La réaction de la masse est restée neutre ou amphotère, c'est-à-dire que comme le lait normal, le liquide transformé rougit le papier bleu et bleuit le papier rouge suffisamment sensible. La matière albuminoïde provenant de la caséine ne précipite pas par l'ébullition, ni à froid par l'eau de chaux. L'eau de baryte y produit des flocons blanchâtres, le sulfate de cuivre des flocons blancs bleuâtres, le bichlorure de mercure un trouble abondant. Le cyanure jaune ne précipite rien. En acidulant avec l'acide acétique, on a un léger trouble que l'on pourrait interpréter comme démontrant l'existence d'un peu de caséine : mais, d'abord, ce précipité est très faible; puis cette prétendue caséine ne subit pas l'action de la présure. Le lait est en résumé devenu incoagulable même par les acides, et sa caséine est devenue une véritable peptone.

Par quel mécanisme s'est produite cette transformation. On ne pourrait le savoir que si l'on connaissait la constitution de la caséine initiale et du produit qu'elle a fourni. La science ne possède malheureusement encore aucune indication à ce sujet. Mais en songeant que le phénomène s'accomplit sous l'action d'une diastase, on est conduit à le rapprocher d'autres phénomènes plus connus, comme l'hydratation de l'amidon, l'inversion du sucre, qui s'accomplissent aussi sous l'action de diastases, et se résument toujours en une hydratation, suivie ou non d'un dédoublement. Tel est aussi probablement le cas pour la solubilisation de la caséine dans le lait.

Songeons maintenant que la transformation ne change pas de nature, quand elle s'accomplit dans le fromage au lieu de s'accomplir dans le lait. Là encore on trouve la diastase et ses produits. L'action est plus lente à cause de la nature moins favorable du milieu, et n'est jamais aussi complète, de sorte qu'un fromage renferme tous les degrés successifs de transmutation entre la caséine initiale et la peptone, mélangés aux produits directs de la vie des ferments; mais au fur et à mesure que le fromage s'affine, la caséine décroît, ses sous-produits augmentent de proportion, et nous avons à nous demander ce que gagne à cela le fromage, non pas au point de vue du goût, nous le savons déjà, mais au point de vue de ses qualités alibiles ou digestives.

Le lait ingéré se coagule sous l'action de la présure dans le

mammifère jeune, sous l'action de l'acidité du suc gastrique dans le mammifère adulte. Le précipité n'est pas identique dans les deux cas, mais il a pour caractère commun de ne pouvoir subir dans l'estomac aucune transformation nouvelle, chez le jeune animal parce qu'il n'y a que de la présure, chez l'adulte parce que le suc gastrique *acide* est incapable de redissoudre le coagulum qu'il a formé. Il faut donc chercher ailleurs les causes qui liquéfient et rendent assimilable le lait ou le fromage frais, ingérés comme aliments.

C'est le pancréas qui est chargé de cette fonction dans l'organisme. Il agit seul chez l'animal jeune; chez l'adulte, il est aidé par le suc gastrique venant de l'estomac, aussitôt que ce suc est neutralisé par l'arrivée de la bile. Je montrerai plus tard que les deux diastases stomacales et pancréatiques ne sont pas identiques, mais, en nous bornant à celle que sécrète le pancréas, il est remarquable de voir que son action sur le lait permet de l'identifier avec la présure digestive des microbes. De sorte que le lait qu'ils ont transformé, le fromage qu'ils ont plus ou moins affiné, se trouve amené tout de suite au même point que s'il avait subi l'action des sucs digestifs. C'est donc se tenir bien près de la vérité que de dire qu'un bon fromage est un aliment à moitié digéré.

Mais il y a plus. Rien ne nous autorise à admettre que la digestion du lait ou du fromage, parvenu dans l'intestin grêle ou le gros intestin, se produise uniquement sous l'action de la diastase pancréatique. Il y a là deux conditions très favorables à une ingérence nouvelle des infiniment petits, dont les germes sont toujours présents dans le canal intestinal, en assez grande abondance, en dehors de ceux que le fromage apporte avec lui. La température est convenable, le liquide est neutre ou un peu alcalin. Il reste encore, surtout dans l'intestin grêle, un peu d'oxygène, soit à l'état gazeux, soit au moins en dissolution dans la masse pâteuse alimentaire. Il est impossible qu'il n'y ait pas là une vie nouvelle, et une production nouvelle de diastases digestives.

L'expérience montre, en effet, que les microbes viennent ajouter leur action à l'action physiologique des liquides de l'organisme. On peut s'en assurer par un fait essentiel. L'action des diastases, quelles qu'elles soient, ne fait pas subir à la caséine une transformation profonde, et en particulier, ne donne ni sels ammoniacaux à acides gras, ni leucine, ni tyrosine. Ces substances sont toujours

des produits directs de l'action des microbes, des témoins de leur présence et de leur vie. Or on en trouve toujours dans les produits de la digestion, lors même qu'on a consommé des substances autres que le fromage, telle que la fibrine, l'albumine, ou même la chair musculaire qui n'en renferme à l'origine que peu ou pas. La seule cause d'erreur dans ce mode d'appréciation provient des petites quantités de leucine et de tyrosine qu'on trouve dans les sécrétions digestives de l'organisme, sans doute parce que, elles aussi, proviennent d'un travail vital de certaines cellules; mais ces sécrétions sont en volume faible, par rapport à la masse alimentaire, et sont, d'ailleurs, résorbées en partie.

Nous voyons donc que les organismes inférieurs servent, en quelque sorte, de doublure aux cellules qui sécrètent les liquides digestifs, et les deux actions sont même si intimement mêlées l'une à l'autre, qu'on trouve des germes vivants et des êtres adultes, jusque dans le conduit pancréatique, à plusieurs centimètres de l'endroit où il s'abouche dans l'intestin. Je crois pouvoir affirmer qu'aucun suc pancréatique n'a encore été recueilli tout à fait débarrassé de germes. La rapidité avec laquelle il est envahi par la putréfaction, tient en partie à ce qu'il est habité dès l'origine, et aucune expérience de digestion artificielle n'a pu être essayée à son aide, sans que les ferments, qu'il produit et nourrit si abondamment, soient intervenus.

Nous retrouvons, du reste, jusque dans le canal intestinal, la distinction des aérobies et des anaérobies. Parmi les êtres qui attendent ainsi au passage les matériaux à digérer, les uns, les aérobies, ayant besoin d'oxygène, sont surtout des agents de combustion directe, et ne donnent pas de dégagements gazeux abondants. Les autres, les anaérobies, sont, au contraire, les agents des fermentations proprement dites, et, dans le cas où ils agissent sur les matériaux albuminoïdes, donnent, en quantité assez grande, des gaz formés d'un mélange d'acide carbonique, d'hydrogène et d'hydrogène sulfuré. On reconnaît là la nature des gaz intestinaux, produits à peu près exclusivement sous l'action des microbes, et dont l'existence est une nouvelle preuve en faveur de l'ingérence de ces derniers.

Il resterait une dernière question à résoudre. Dans une digestion bien faite, quelle est la part qui revient aux liquides normaux de l'organisme, quelle est la part des infiniment petits. Je n'ai fait

encore qu'effleurer ce sujet. Tout ce que je puis dire, c'est que ces deux parts sont comparables. On l'admettra facilement si l'on songe, d'un côté, au nombre considérable des microbes vivant dans le canal digestif, nombre qui est tel que la plus petite goutte de liquide en renferme des milliers; de l'autre côté, à ce fait remarquable, vrai pour les diastases digestives comme pour les diastases présures, qu'à poids égal de cellules vivantes, il y a des quantités comparables de diastase produites. On peut transformer en quelques heures, à 35°, la caséine de 10 centimètres cubes de lait, en y introduisant, à l'abri des germes de l'air, gros comme une lentille du tissu pancréatique d'un animal qu'on vient de sacrifier. On arrive au même résultat dans le même temps en ajoutant au lait $\frac{1}{3}$ de son volume d'un autre lait où l'on a fait vivre le filament ténu, et si l'on compare dans les deux cas le poids de cellules vivantes, on trouve que le pancréas ne vient qu'après ce filament, choisi, il est vrai, parmi les plus actifs.

Tous ces faits éclairent, si je ne me trompe, d'un jour nouveau les phénomènes de digestion, et nous donnent l'explication de quelques-unes des propriétés du fromage. Il nous reste à examiner comment et dans quel sens ils interviennent pendant les différentes phases de la fabrication de ces produits.

V. — Théorie générale de la fabrication des fromages.

Il existe, comme on sait, un nombre considérable de variétés de fromages, ayant chacune un aspect, un goût, un ensemble de propriétés particulières, en rapport étroit avec le mode de fabrication. Nous allons voir que, malgré leurs dissemblances réelles, les procédés si divers de la pratique industrielle ont un certain nombre de traits communs qu'il est facile de résumer.

Nous n'avons, pour cela, qu'à prendre le lait à la sortie de la mamelle, et à passer en revue la série des transformations qu'il subit. Nous savons que le lait est à peine reçu dans le vase où se fait la traite qu'il renferme déjà des êtres vivants, qu'il a trouvés sur le pis de l'animal, sur les mains du vacher, ou dans le vase lui-même où il est recueilli. A raison de leur origine, ces êtres sont surtout des aérobies qui vont immédiatement commencer à faire deux choses, priver d'abord l'air de son oxygène, et y produire des diastases qui pourront le coaguler.

Rien n'est plus facile que de mettre en évidence l'existence dans un lait quelconque d'êtres microscopiques avides d'oxygène, il suffit de colorer ce lait avec quelques gouttes, deux ou trois, d'une solution foncée de carmin d'indigo, de façon à donner à la masse une teinte d'un bleu pâle. On introduit le tout dans un tube de verre, qu'on ferme avec un bouchon. On retrouve au bout de quelque temps, plus rapidement si l'on a tenu le ait à la chaleur, le lait complètement décoloré, par suite de la désoxydation du carmin d'indigo accomplie par les êtres aérobies qui existent dans le liquide, souvent en si petit nombre, que le microscope ne permet pas de les apercevoir. Ce liquide blanc peut revenir à sa teinte primitive, si on l'agite au contact de l'air, si, par exemple, on le verse deux ou trois fois d'un verre dans un autre. Remis dans son tube, il se décolore de nouveau plus rapidement que la première ois. Le temps de la décoloration peut même faire juger du degré d'envahissement des êtres microscopiques, et l'on pourrait baser sur cette expérience très simple, un mode assez précis d'investigation sur les qualités de conserve d'un lait donné.

Tout lait habité est presque fatalement destiné à se coaguler, et d'autant plus vite qu'il renferme davantage de microbes, mais cette coagulation n'a pas toujours les mêmes caractères, et peut provenir de deux ordres d'actions tout à fait différentes.

Dans certains cas, elle est précédée par une acidification préalable du lait. On trouve alors dans le liquide divers ferments analogues d'aspect au ferment lactique, formés comme lui d'articles un peu étranglés en leur milieu, mais plus ou moins longs, plus ou moins larges, plus ou moins turgescents. Quelle que soit leur forme, c'est toujours le même phénomène qui s'accomplit ; le sucre de lait devient de l'acide lactique qui, à son tour, précipite la caséine.

Une courte ébullition peut, d s ces circonsta nces, s'opposer à la coagulation, mais il faut, pour pouvoir chauffer impunément, que la proportion d'acide déjà produite ne soit pas trop grande, parce que le lait devient d'autant plus sensible à son action que la température est plus élevée. Il faut dix fois moins d'acide à 100° qu'à 15° pour précipiter la caséine, mai on peut éviter toute difficulté en saturant exactement le lait, avant le chauffage, avec quelques gouttes d'une solution de bicarbonate de soude.

Cette coagulation par les ferments lactiques est très fréquente

dans l'industrie du lait, et les producteurs et les laitiers se mettent en garde contre elle, en ajoutant préventivement du carbonate de soude, ou du borate de soude, ou bien encore un mélange d'acide borique et de borax. On ne saurait faire trop de réserves au sujet de l'introduction de pareilles substances dans un liquide dont chacun consomme de si grandes quantités. Il y a là, sans qu'on y fasse, ce semble, beaucoup d'attention, une grave question d'hygiène, mais le fait existe, et l'explication de cette pratique est trop en rapport avec les faits que nous avons appris à connaître pour que j'aie cru pouvoir la passer sous silence.

Mais on voit quelquefois le lait se cailler en conservant sa neutralité, ou même en présentant une réaction nettement alcaline. Dans ce cas, on a affaire, non aux ferments du sucre de lait, mais aux ferments du caséum, aérobies à l'origine, et, comme nous l'avons vu, actifs producteurs de diastases. Dans ce cas, il est presque toujours inutile de chercher à protéger le lait contre la coagulation, en le faisant bouillir, même avec addition de carbonate de soude. La présure agit plus activement quand on chauffe, et ne pourrait être paralysée que par des proportions de carbonate de soude qui rendraient le lait impotable. Cependant, si l'on chauffe rapidement, et si l'on réussit à dépasser sans encombre 40 à 45°, température ou les diastases présures ont leur maximum d'action, on peut détruire en chauffant à 100°, toute la présure déjà formée, et la plus grande partie de ce qui est vivant dans le liquide.

On ne soumet d'ordinaire à aucun chauffage préalable le lait destiné à la fabrication des fromages. Tout au plus réchauffe-t-on légèrement celui qu'on a laissé refroidir, de façon à le ramener à la température de 35 ou 37° qu'il a en sortant du pis. C'est à cette température qu'on met le plus souvent la présure. Le lait renferme à ce moment un nombre variable d'êtres vivants qui se multiplient encore, la température étant convenable, jusqu'au moment où le coagulum qui se forme les immobilise dans ses mailles pour les entraîner avec lui dans toute la série d'opérations où on va l'engager.

S'il s'agit de fabriquer des fromages affinés, on a ajouté peu de présure. La coagulation a duré longtemps, le coagulum est resté mou, très imprégné de petit-lait. On le laisse se ressuyer lentement le mieux possible, de façon à éliminer le sérum, et avec lui le sucre de lait, dont le maintien dans la pâte ne pourrait avoir que des inconvénients. Ce sucre disparaît bientôt en partie brûlé, en partie

transformé en acide lactique qui rend temporairement la pâte acide. Les ferments de la caséine prennent ensuite le dessus, forment du carbonate d'ammoniaque qui sature l'acide et finit par donner à la pâte une réaction alcaline. En même temps ces ferments sécrètent des diastases qui pénètrent peu à peu la masse parallèlement aux surfaces exposées à l'air, de sorte qu'on voit une couche jaunâtre et translucide gagner de plus en plus l'intérieur du fromage, en chassant vers le centre la couche blanche et opaque du caséum primitif. Ce qui diffère d'un fromage à un autre, c'est la nature des êtres chargés de sécréter ces diastases et d'accomplir la maturation. L'habileté du fabricant consiste à utiliser toujours la même espèce ou les mêmes espèces, celles qui, depuis des siècles, fabriquent le type qu'on veut reproduire[1], et à n'en pas laisser d'autres s'implanter dans son atelier.

Généralement, quand la fabrication marche bien, les germes utiles ont une grande avance sur ceux qui pourraient être nuisibles. Ils imprégnent les vases, l'air, le sol et les agrès de la fromagerie, les vêtements des fromagers. Leur ensemencement est spontané, et une longue pratique, je devrais dire une longue routine, a appris à les entourer des conditions de température et d'humidité les plus favorables à leur développement. Mais tous ces organismes sont très délicats, et si un jour ces conditions font défaut, même temporairement et à l'insu de tous, l'espèce active est exposée sinon à périr, du moins à laisser la prédominance à une espèce voisine, incapable de produire la maturation ou de la produire dans le sens voulu. Le fabricant dit alors que sa cave est malade. Il n'a souvent d'autre ressource que d'abandonner pour un certain temps sa fabrication, et de la reprendre pendant la saison de l'année où son industrie marche spontanément le mieux. On voit là tout le secret de ces accidents si fréquents dans les caves de maturation. On

1. On trouve dans les œuvres de Saint-Amand (1594-1661) une pièce de vers en l'honneur du fromage de Brie, dont le poète compare la couleur à celle de l'or :

Il est aussi jaune que lui,
Toutefois ce n'est pas d'ennui,
Car sitôt que le doigt le presse,
Il rit et se crève de gresse.

Ce fromage ressemblait donc à ce qu'il est maintenant. Furetière fait pourtant de lui comme du fromage de Pont-l'Évêque, un fromage *sec, dur et de garde.* Saint Amand ne les confond pas, car dans un autre passage il s'écrie :

Béni soit le terroir de Brie
Pont-l'Évêque, arrière de nous !
Auvergne et Milan, cachez-vous !

voit aussi combien il serait facile ou bien de les éviter, ou bien de les guérir, si on connaissait bien pour chacune des espèces actives, car il y en a souvent deux ou trois qui se succèdent les unes aux autres, les conditions les plus favorables d'existence et de développement.

Parmi ces espèces, il en est de très souvent utilisées, que je n'ai pas visées spécialement dans l'exposé qui précède, mais dont il est nécessaire de dire quelques mots : ce sont les mucédinées ou moisissures, qui se distinguent des ferments proprement dits en ce qu'elles ne vivent pas complètement englobées dans la masse du fromage. Elles enfoncent dans la pâte leur mycélium, leurs filaments nutritifs, et poussent au dehors, sous forme de végétation quelquefois touffue et luxuriante, leurs organes de fructification. A côté d'elles on peut placer les torulacées, assemblages de cellules autonomes, chez lesquelles les organes de nutrition et de fructification sont confondus, mais qui, comme les mucédinées, vivent à la surface des fromages, où elles forment des masses plus ou moins graisseuses.

Tous ces êtres sécrètent aussi en proportions variables une diastase présure et une diastase digestive, identiques toutes deux à celles des ferments. Il n'y a donc pas à s'étonner de voir les moisissures et les torulacées être souvent des agents de maturation, mais on peut deviner aussi qu'ils seront plus délicats que les autres, parce que, vivant à la surface, ils éprouvent plus facilement et de plus près toutes les variations dans la température et l'humidité. Les fabrications qui les emploient, et elles sont nombreuses, seront donc, toutes choses égales d'ailleurs, plus chanceuses que les autres. Il est curieux de voir les pratiques souvent étranges, les bizarreries dans la construction ou l'aménagement des fromageries, auxquelles on a été conduit pour donner à ces végétations superficielles le milieu qui leur convient le mieux.

Leur manipulation est d'autant plus délicate qu'elles n'ont pas toujours les mêmes besoins, et que de plus, deux ou trois espèces doivent souvent se succéder les unes aux autres, pour chacune desquelles il faut des conditions différentes de milieu, de température, et d'humidité. Une des plus curieuses sous ce rapport est le *Penicillium glaucum* qui sert à fabriquer le fromage de Roquefort, le fromage de Pontgibaud, et beaucoup d'autres. Elle doit d'abord être cultivée à basse température, autant que possible au voisinage de

zéro, non parce que c'est la température qui lui convient le mieux lorsqu'elle est seule, mais parce que c'est dans ces conditions qu'elle redoute le moins l'envahissement d'autres espèces, et surtout des vibrioniens, doués de propriétés différentes. De là l'utilité des caves froides. De plus, le fromage n'est pas pour elle un terrain très favorable ; elle sécrète peu de diastase digestive, et a de la peine à se créer autour d'elle les matériaux solubles favorables à son développement. De là l'utilité des ensemencements, et même des ensemencements copieux, comme on les réalise en effet avec du pain moisi. Enfin lorsqu'on veut, et c'est toujours le cas, que la fructification ait lieu à l'intérieur de la pâte de façon à y amener la saveur voulue et le bleuté caractéristique, il faut y faire pénétrer de l'air, mais en petite quantité, pour ne pas rendre la combustion et la destruction trop rapides. De là l'ancienne pratique qui consistait à transpercer le fromage avec des aiguilles à tricoter, pratique que la Société actuelle des caves de Roquefort a imitée et régularisée au moyen de la petite machine qui lui permet de cribler, en une seule fois, la pâte du fromage de trous percés de part en part.

On voit, en résumé, que pour les fromages affinés, il y a une relation étroite entre les pratiques de fabrication, et les propriétés des espèces actives qui amènent le ramollissement de la pâte. On voit aussi que pour ces produits il y aura un terme qu'il ne faudra pas dépasser, un degré de maturité au delà duquel la qualité du fromage baissera, parce que la proportion des produits directs et indirects des ferments ne sera plus ce qu'elle doit être. On pourrait croire au premier abord qu'on ne rencontre ni les mêmes difficultés, ni les mêmes périls dans la fabrication des fromages à pâte dure. Nous allons voir qu'il n'en est rien.

Prenons comme exemple la fabrication du gruyère. Il n'y a rien de particulier à dire au sujet de la mise en présure et du rompage du caillé. Toute la difficulté de la fabrication est dans la cuisson du caillé, qui vient ensuite, parce qu'il y a à éviter, sans que le fromager en ait conscience, deux écueils également dangereux.

Pour le comprendre, il faut savoir que la pâte caséeuse est destinée à être immédiatement mise en moule et portée sous la presse. Il faut pour cela qu'elle ait perdu la plus grande partie de son sérum, et c'est à quoi on arrive en chauffant à une température voisine de 50°, ce qui exalte la faculté contractile du caséum, et lui

permet d'expulser le liquide qui l'imprègne. Mais la faculté agglu inative se trouve exaltée aussi, et si les grumeaux étaient rop gros, ou si le chauffage était trop rapide ils se couvriraient à leur surface d'une couche élastique et imperméable qui empêcherait la sortie facile du sérum. De là l'utilité de chauffer lentement et de brasser constamment, de façon que le *grain se fasse bien*. Quand l'opération est réussie, les grumeaux qui nagent dans le liquide ont une couleur tirant sur le jaune. Ils ne se soudent pas à eux-mêmes sous la pression de la main. Ils résistent à la pression de la dent et s'émiettent quand on les mâche.

Quoi qu'on ait fait, ils renferment encore un peu de sérum et par suite du sucre de lait dont on ne peut se débarrasser qu'en l'abandonnant en pâture aux espèces inférieures. Parmi celles-ci, la plus fréquente, dans les échantillons que j'ai eus sous les yeux, est une sorte de bâtonnet étranglé en son milieu, et ayant la forme de 8 allongé. Cet être s'entoure, lorsqu'il est jeune et qu'on le fait vivre dans du lait, d'une sorte d'auréole gélatineuse homogène qui se segmente, lorsque le bâtonnet se segmente aussi pour se diviser, et accompagne les deux portions de l'être primitif, lorsqu'elles sont devenues indépendantes. Cette auréole disparaît lorsque le bâtonnet vieillit, et le laisse alors nu et isolé, très semblable à un article de ferment lactique[1].

Ce bâtonnet est un ferment du sucre de lait qu'il transforme en produits divers, dont les plus intéressants sont de l'alcool, de l'acide acétique, et surtout de l'acide carbonique. Son intervention dans la fabrication du gruyère devra donc se traduire par un dégagement gazeux. De plus, il ne donne pas de germes, se reproduit toujours par scissiparité, et périt à une température variable suivant la réaction acide ou alcaline du lait, mais toujours voisine de 50°, c'est-à-dire de celle à laquelle il faut arriver pour bien granuler le caséum. C'est ici que nous retrouverons les difficultés que je signalais tout à l'heure.

Si en effet le fromager ne chauffe pas assez, il laisse trop de sérum, trop de sucre de lait par conséquent, d'où, sous la presse, une fermentation active et la production de vacuoles confluentes,

1. Un être tout pareil, non identique, mais appartenant sans doute à la même famille, a été trouvé depuis par M. Pasteur dans la salive d'un enfant mort de la rage, et étudié par lui, pour ses propriétés virulentes. M. Pasteur s'est assuré que celui du fromage est au contraire très inoffensif.

ou d'une infinité de petits yeux dans la pâte. Le fromage est alors dit *mille trous* et perd beaucoup en valeur. Si au contraire on a trop chauffé, la pâte est trop sèche et mûrira difficilement, le germe du petit bâtonnet a disparu, et il n'y a pas de fermentation sous la presse : le fromage est dit mort.

Avec une cuisson bien faite, on a des vacuoles sans en avoir trop. Une fois le sucre de lait disparu, les ferments peuvent encore vivre dans la pâte, et amener lentement sa maturation. « En général, dit M. Schatzmann, plus la cuisson s'effectue à une température élevée et convenablement progressive, plus le fromage qui en résulte est ferme et de conserve, mais aussi plus il lui faut de temps pour mûrir. Le contraire a lieu pour les produits provenant de cuissons à températures trop basses. » Ces indications d'une pratique séculaire sont, comme on peut le voir en y réfléchissant un peu, en accord parfait avec celles que fournit la théorie que je développe en ce moment.

Entre les fromages affinés du commerce, où la fermentation commence tout de suite et marche avec activité, et qui doivent être consommés au moment où ils sont mûrs, et le fromage de gruyère où l'on s'attache à rendre aussi lente que possible l'action des ferments de maturation, se placent de nombreuses espèces de fromage à pâte tendre et non cuite, comme l'est, par exemple, le fromage du Cantal.

La pratique ici est différente et d'accord avec le résultat à atteindre. Le lait est mis rapidement en présure et le caillé amené sans chauffage aucun, et par la série bien conduite d'opérations que j'ai décrites dans mon premier rapport, à ne renfermer qu'environ la moitié de son poids de sérum. A cet état, la pâte ne pourrait pas être mise immédiatement sous la presse. Il faut lui laisser subir une fermentation préalable, à laquelle prennent part non seulement le sucre de lait, qui disparaît presque complètement, mais aussi le caséum, qui subit une transformation moléculaire fort curieuse.

Soumis, avant d'être fermenté, à l'action d'une forte pression, le caséum abandonne la plus grande partie de son eau, en retenant sa matière grasse. S'il provient de lait écrémé, il se transforme en une masse tellement dure et compacte qu'on la fait servir à fabriquer des boutons. Après la fermentation, au contraire, la pâte abandonne assez facilement une portion du liquide qui l'imprègne,

mais elle en retient obstinément une quantité voisine de 44 ou 45 p. 100 de son poids; si on essaye de la lui enlever par une plus forte pression, elle laisse aller de préférence sa matière grasse.

L'eau qui s'écoule ainsi sous l'action de la presse, entraîne avec elle un nombre prodigieux d'êtres vivants ayant pris part à la fermentation préliminaire, mais elle ne les entraîne pas tous. Un bon nombre d'entre eux restent retenus dans le réseau solide où ils sont enchevêtrés. La plus grande partie des diastases qu'ils ont sécrétées reste aussi, retenue mécaniquement par la matière albuminoïde. Diastases et ferments vont continuer à agir dans la pièce de fromage où la proportion d'eau est restée assez élevée, et ils y amèneront une maturation moins rapide que dans les fromages affinés, moins lente que dans le gruyère.

Là est l'avantage de cette fabrication, là est aussi son inconvénient et celui-ci est même double. D'abord le fromage arrive encore trop rapidement à une période de maturité, qui dure peu, et au delà de laquelle il décline. Puis, grâce à la forte proportion d'eau restée dans la masse, la fermentation continue dont elle est le siège peut dévier facilement, et s'accomplir en partie ou en totalité sous l'action des anaérobies, dont la forme massive des fromages favorise du reste le développement. De là ces boursouflements, ces viciations de goût, qu'on a trop souvent l'occasion de constater, lorsque pour une raison ou pour une autre, le fromage a été exposé quelques jours à la chaleur. Aussi les fromages du Cantal redoutent-ils beaucoup les voyages, et ne peuvent aller loin. Comme, d'un autre côté, ils ne peuvent aller longtemps, d'après ce que nous avons vu tout à l'heure, ils ont un marché singulièrement restreint comme espace et comme durée.

Si les causes de l'infériorité de cette industrie sont bien celles que j'indique, on peut essayer d'y remédier en s'appuyant sur les faits énoncés au commencement de ce travail, et sur ceux que j'ai consignés dans mes rapports antérieurs. Pour la complète intelligence de ce qui va suivre, je crois utile de résumer brièvement les notions que nous allons utiliser.

VI. — Fabrication de fromages maigres du Cantal.

Dans tout ce qui a été dit au sujet de la maturation des fromages, il n'a pas été question de la matière grasse. Elle n'est que très légè-

rement intéressée dans le phénomène, dont le gros s'accomplit en dehors d'elle. Elle n'est même pas, contrairement à ce qu'on pense, absolument nécessaire pour donner à certaines pâtes le coulant et la mollesse qu'elles possèdent. Sans doute un fromage gras sera toujours plus onctueux, plus mou qu'un fromage maigre, surtout si la température est élevée, et voisine de celle où le corps gras commence à fondre. Mais on peut, à la condition de pousser assez loin l'influence des ferments, ou l'action de leurs diastases, transformer le caséum d'un lait écrémé, en une matière semi-liquide analogue pour l'aspect, sinon pour le goût, à du fromage de Brie.

Il n'y a pas grand intérêt, dans la pratique, à pousser à l'extrême l'écrémage d'un lait qu'on destine à la fabrication du fromage. On n'obtient ainsi que des produits d'un ordre inférieur, mais on peut espérer, en variant les proportions de lait écrémé et de lait complet, obtenir des produits dont le goût ne diffère pas beaucoup de ce qu'il doit être. La matière grasse, presque insipide par elle-même, ne joue en effet dans la formation du goût qu'un rôle secondaire. Les produits sapides viennent du caséum. Peut-être y en a-t-il aussi, fournis par la glycérine qui résulte du commencement de saponification subi par la matière grasse, mais ces derniers sont en proportions très faibles et il y a toujours assez de beurre pour les fournir. En fait, l'expérience montre qu'on peut avec du lait écrémé au tiers ou à moitié, fabriquer des fromages de gruyère qui, malgré cette infériorité, se vendent à peu près le même prix que les gruyères de montagne, fabriqués avec du lait entier.

Il existe un grand nombre de variétés de fromages pour lesquelles une diminution dans la quantité de matière grasse n'amènerait aucune modification dans les conditions de fabrication et de conservation, mais il en peut être autrement pour le fromage du Cantal, et cela pour deux raisons. Au point de vue de la fabrication d'abord, nous avons vu que la proportion considérable d'eau qui reste dans ce fromage était commandée par ce fait que, lorsqu'on essaye d'en retirer davantage par l'action de la presse, on est arrêté par le suintement de la matière grasse. Il pouvait se faire qu'avec un caséum plus maigre, on réussît à obtenir un fromage un peu plus sec. Si l'on arrivait à ce résultat, la conservation devrait y gagner, car les fermentations putrides devenaient plus difficiles. Dans tous les cas, c'était à l'expérience à prononcer, et à dire sur-

tout si l'on pouvait obtenir ainsi des produits ayant encore le goût du fromage du Cantal.

Une dernière considération est à faire valoir en faveur de cet ordre d'idées. Il n'y a nul intérêt sérieux à fabriquer avec du lait écrémé, du brie, du roquefort ou du camembert. Ce sont là des fromages de luxe, qui ne valent que par leur goût délicat, et qui payent largement ce qu'ils coûtent. On ne devait pas essayer de les faire avec économie. Le fromage du Cantal n'a pas et ne peut avoir la prétention d'être un fromage de luxe ; il est et restera un fromage de consommation courante, un aliment à goût relevé, mais enfin un aliment. Or, dans l'industrie des fromages alimentaires, une révolution est en train de s'opérer, qui a été commencée par l'Angleterre, mais dont les effets sont déjà sensibles sur le continent. Sous l'influence de la cherté croissante de la viande, l'ouvrier anglais qui en consommait beaucoup s'est demandé comment il remplacerait économiquement cette denrée qui commençait à devenir inabordable, et il s'est aperçu, à l'usage, qu'une tranche de fromage valait presque une tranche de bœuf, au point de vue du maintien et de la réparation des forces. Il ne demandait autrefois au Danemarck, au Schleswig-Holstein, à l'Amérique, que des beurres qu'on séparait pour lui du lait, en utilisant le résidu pour la fabrication des fromages maigres qui n'avaient pas de débouchés. Aujourd'hui, les fromages maigres suivent les beurres en Angleterre, et personne ne s'en plaint, ni le producteur ni le consommateur.

La conclusion de ce qui précède est facile à tirer. Il fallait essayer de fabriquer du fromage du Cantal avec du lait partiellement écrémé. C'est ce que j'ai commencé à faire cette année-ci, pendant laquelle j'ai surtout cherché quelle était la meilleure proportion à établir entre le lait pur et le lait écrémé.

J'ai trouvé qu'à la condition de rendre la maturation plus facile qu'elle ne l'est d'ordinaire, on avait encore un bon produit ayant le goût et l'odeur du fromage du Cantal, avec $\frac{3}{4}$ de lait écrémé et $\frac{1}{4}$ de lait complet. Toutefois ce produit n'a pas le toucher gras, et se brise facilement sous le couteau. Il s'améliore notablement quand on emploie $\frac{2}{3}$ de lait écrémé et $\frac{3}{1}$ de non écrémé. Mais pour ne pas aller à l'extrême, et à raison même des conditions dans lesquelles se fait la traite dans le Cantal, il vaut mieux opérer avec du lait à moitié écrémé, formé du mélange d'une traite laissée à

écrémer pendant douze heures, avec une traite récente. C'est à ce mélange que j'ai eu le plus souvent recours, et voici quelques indications dont la pratique m'a démontré l'utilité.

Il est préférable de laisser crémer la traite du soir. A cause du froid de la nuit, quelquefois très vif dans les montagnes, elle a moins de chance de se coaguler que la traite du matin pendant le repos qu'elle subit. Mais comme la propreté n'est pas la qualité dominante du vacher cantalien, et que les vases de bois qui ne sont généralement lavés qu'avec du petit-lait, sont toujours saturés de germes, on ne peut espérer conserver, même pendant douze heures de nuit, le lait d'une vacherie sans qu'il arrive fréquemment des accidents. Il faut donc faire ce qu'on fait dans le Nord, adopter l'usage des vases métalliques, de crémeuses de 10 ou 16 litres, qu'on introduit dans un bac d'eau froide, ou encore refroidir le lait dès sa sortie du pis en le faisant passer dans un de ces réfrigérants puissants qui commencent à se répandre dans toutes les laiteries bien outillées.

L'emploi de toutes plus grandes mesures de précaution est commandé dans le Cantal par une autre circonstance. Les vaches y sont habituées à ne céder à la mulsion du vacher qu'autant que le veau est venu teter successivement à chacun de ses pis. On ne lui laisse pas le temps de boire beaucoup de lait, mais il a toujours celui de couvrir la surface du pis d'une salive gluante que le lait entraîne avec lui, en même temps que les organismes en nombre infini qui la peuplent. Il serait à souhaiter qu'on pût renoncer à cet usage malpropre, qui a, en outre, au point de vue économique, l'inconvénient de forcer à maintenir à la suite du troupeau, et de nourrir longtemps au lait un nombre de veaux disproportionné; mais on perdrait son temps à prêcher une pareille réforme, qui peut-être d'ailleurs est impossible, s'il est vrai, comme le croient quelques éleveurs, qu'il y ait là une question de race. Je me borne à dire qu'avec l'emploi des moyens que j'ai indiqués plus haut, il est facile de conserver du lait pendant vingt-quatre heures et même trente-six heures pendant les plus fortes chaleurs de l'été, sans qu'il se coagule.

Après douze heures de repos, on écrème le lait La crème obtenue est employée à faire du beurre. Je me suis assuré, ce qu'il était du reste facile de prévoir, que le beurre qu'on obtient ainsi peut être rendu excellent, mais je réserve pour un autre rapport tout ce qui

est relatif à l'économie du procédé, dont je me borne pour aujourd'hui à indiquer les conditions pratiques.

Le lait séparé de sa crème doit être réchauffé à 37°; c'est là une condition indispensable. La coagulation à cette température est une nécessité dans la fabrication du Cantal. Il n'y a pas à arguer, contre ce réchauffement, de la rareté du bois dans la région des pâturages. Il ne faut que quelques branchages pour porter un hectolitre de lait de 10 à 37°, si on se sert de fourneaux appropriés, comme ceux qu'on emploie dans la fabrication du gruyère. Avec le quart du bois consommé dans un buron pour les usages culinaires ou autres, on fera tout ce qu'on fait maintenant, et en outre on chauffera la moitié du lait de la vacherie, simplement en renonçant aux *feux clairs* et en modifiant très légèrement la construction du foyer de façon à rendre la combustion économique.

Le lait réchauffé est mélangé avec le lait venant de la traite, et l'ensemble est mis immédiatement en présure. On peut, si l'on veut, ne rien changer au dosage de cette présure, mais il y a avantage à en diminuer un peu la proportion, et à s'arranger de façon que le lait mette environ une heure à se cailler. On obtient ainsi un caséum plus mou, moins cohérent, et dont la maturation est plus rapide.

Une fois cela fait, on n'a plus qu'à appliquer les pratiques ordinaires, on met à fermenter le caillé pendant vingt-quatre ou trente-six heures, on le brise ensuite, on le sale et on le met à la presse.

C'est par ce procédé que j'ai fabriqué cette année un certain nombre de fromages, en faisant varier de l'un à l'autre quelques-unes des conditions de la manipulation. Je n'ai pas l'intention, dans ce rapport, d'entrer dans le détail des observations que j'ai pu recueillir sur les propriétés, la conservation ou la maturation de ces divers produits. Le temps qui s'est écoulé depuis leur préparation est trop court, et je veux les laisser vieillir davantage, mais les résultats obtenus jusqu'ici sont assez encourageants pour que je me croie autorisé à divulguer le procédé, dans l'espoir qu'il se trouvera dans le Cantal quelqu'un pour répéter en grand ce que que j'ai fait en petit.

Cette nécessité de faire en grand va du reste s'imposer à moi-même cette année-ci. Les fromages de 1, 2 et 3 kilos que j'ai fabriqués, dans de véritables expériences de laboratoire, peuvent bien me renseigner sur tout ce qui est relatif au degré de finesse de la pâte, à la richesse en eau sous une pression donnée, à l'influence

de la fermentation préliminaire, à la marche de la maturation. Je puis, par exemple, affirmer que j'ai des produits qui, au bout de six mois, ne sont pas plus avancés que les produits ordinaires du Cantal au bout de deux, et qui, par conséquent, auront une durée plus grande; mais un autre élément intervient dans la conservation, qui ne peut pas être le même dans un gros fromage et dans un petit, c'est la dessiccation de la masse qui arrête bientôt tout phénomène, lorsqu'elle est poussée trop loin.

Pour en préserver mes fromages d'expérience, j'ai été obligé de me mettre dans des conditions différentes de celles de la grande industrie. C'est pour étudier la question dans son plein que je vais être conduit cette année à fabriquer quelques grosses pièces. Je remets donc à mon prochain rapport de parler des renseignements qu'elles m'auront fournis.

Paris, février 1881.

L'AGRICULTURE AU BRÉSIL

LE BÉTAIL ET SES PRODUITS
LES CULTURES VIVRIÈRES ET LE JARDINAGE
LES ARBRES FRUITIERS

Par M. CH. ERN. GUIGNET.

Directeur de la station agronomique de la Somme.

Le bétail. — Race bovine [1].

La race bovine est très répandue dans tout l'empire du Brésil.

Dans le voisinage des centres de population, les bœufs sont élevés dans des pâturages clos, reçoivent des rations régulières de maïs et sont traités à peu près comme en Europe, du moins dans les meilleures exploitations.

Mais dans l'intérieur des provinces de Minas Geraes, de Matto Grosso, du Rio-Grande du Sud, les troupeaux de bœufs sont élevés à l'état demi-sauvage. Ils sont simplement marqués au nom du

1. Voyez *Annales agron.*, t. V, p. 236 et t. VI, p. 223.

propriétaire, paissent en liberté dans la contrée et ne rentrent jamais sous un toit.

Des hommes à cheval, adroits et vigoureux comme les *gauchos* de la Plata, gardent ou plutôt surveillent ces innombrables troupeaux. C'est avec le *laço*, habilement lancé autour des cornes, qu'ils s'emparent des animaux pour les marquer et les conduire par troupes aux abattoirs des grandes villes. Le voyage dure plusieurs semaines et comprend souvent des centaines de lieues. Les animaux paissent tout le temps du voyage et arrivent à destination en assez bon état.

La viande de ces bœufs, vaches ou taureaux sauvages, est le plus souvent fort dure; d'autres fois, mais rarement, quand l'animal est jeune et d'une nature exceptionnelle, elle est réellement succulente. C'est un durham créé dans le désert par sélection naturelle.

Les Brésiliens eux-mêmes ont reconnu que la viande des bœufs du pays est fort médiocre; mais ils ont cru devoir attribuer cette infériorité aux fatigues du voyage effectué par les animaux.

Le gouvernement a décidé la suppression de l'abattoir de Rio et la création d'un autre abattoir à onze lieues de la capitale, au centre du domaine impérial de Santa-Cruz, lequel comprend de vastes prairies. Les troupes de bœufs arrivant des provinces de l'intérieur se reposeront dans ces pâturages, et on ne les sacrifiera qu'à mesure des besoins.

Ayant été consulté par le ministre sur les dispositions prises pour la réalisation de cette grave mesure, nous nous sommes prononcé contre elle d'une manière absolue.

D'abord, il nous a paru impossible d'admettre que la viande des bœufs sauvages puisse être améliorée par le repos dans ces pâturages, même en prolongeant ce repos pendant plusieurs semaines.

En outre, le premier résultat obtenu sera le renchérissement de la viande; car les troupes de bœufs arrivant à Rio ne peuvent être nourries dans la capitale et doivent être forcément vendues à très bref délai, ce qui maintient la viande à un taux raisonnable.

Enfin, il n'est pas admissible qu'on s'impose de bon gré l'obligation de faire subir aux viandes un trajet de onze lieues sous un ciel chaud et humide, très favorable aux fermentations de toute sorte.

Il était très facile d'assainir le grand abattoir de Rio qui est aussi mal tenu que possible, sous la direction des licenciés en droit chargés de la surveillance.

Une fois les bêtes abattues et les viandes enlevées, les entrailles et débris quelconques restent éparpillés un peu de tous côtés en attendant qu'on les enlève. Cette attente est souvent indéfinie.

Des nuées d'*urubus* (sorte de vautour noir de la grosseur d'un coq) séjournent sur les toits de l'abattoir et sur ceux des maisons voisines. Pareils aux harpies de la Fable, ces innombrables animaux salissent tout de leurs déjections, qui répandent une odeur infecte. Ces oiseaux *providentiels* (disent les Brésiliens) se chargent de *nettoyer* l'abattoir. Mais quel nettoyage ! Les urubus choisissent ce qui leur convient et abandonnent le reste. Dans presque toute l'Amérique on est tellement pénétré de l'utilité de ces horribles bêtes qu'il est défendu de les tuer; tant la paresse humaine est ingénieuse à se chercher des excuses !

A ce compte, on pourrait charger les corbeaux de nettoyer les abattoirs de Paris. Il suffirait d'abandonner dans les cours des débris d'animaux : tous les corbeaux de la région viendraient y croître et multiplier, si on ne les chassait pas.

Après cet essai (unique dans le monde civilisé) d'un abattoir situé à onze lieues d'une capitale, il est à peu près certain qu'on rétablira l'abattoir à Rio. Espérons qu'on ne comptera plus sur les urubus pour l'assainir.

Dans la province du Rio-Grande du Sud, on trouve un grand nombre d'abattoirs bien disposés; on y rencontre même de la propreté (relative, bien entendu). Cette province prépare en grand la *carne secca* (viande séchée au soleil) pour la consommation d'une grande partie du Brésil.

Les animaux abattus sont dépouillés, puis débités en larges quartiers qu'on désosse habilement de manière à laisser aux morceaux les plus grandes dimensions possibles. La viande est alors battue, frottée de sel et séchée au soleil pendant plusieurs jours. On a soin de répéter de temps en temps les frictions avec le sel.

Ce qui rend cette préparation possible, c'est que, dans presque tout le Brésil, notre mouche à viande ne peut pas vivre; on ne la trouve que dans les régions élevées et relativement fraîches. Il y a bien une autre mouche, beaucoup plus petite, qui dépose ses œufs sur la viande; mais les larves issues de ces œufs sont bien plus petites que notre *ver de viande* et elles passent inaperçues.

La carne secca bien préparée est épaisse de 3 à 4 centimètres, sèche à la main, d'une couleur jaunâtre, d'une odeur et d'une

saveur rappelant tout à fait la partie maigre du lard rance. C'est le fond de la nourriture animale au Brésil : on l'entasse en vrac dans la cale des navires, dans les barques non pontées; on la transporte sur la tête des nègres ou sur le dos des mules; on l'empile dans des magasins, où blattes et souris prélèvent largement leur part.

Presque tous les Brésiliens mangent régulièrement de la carne secca. C'est vraiment une ressource précieuse pour les marins, les troupes en campagne, les ouvriers et les nègres. Mais il faut être grandement habitué à ce genre de nourriture pour le trouver supportable.

La carne secca coûte de 1 fr. 50 à 2 francs le kilogramme, prix double de celui de la *carne verde* (viande fraîche). Mais comme elle ne contient ni os ni humidité, elle représente un pouvoir nutritif à peu près double.

Les cuirs secs du Brésil sont l'objet d'un commerce fort important. Quant aux os, on les emploie comme combustible dans les plaines du Rio-Grande. Les plus gros servent de matériaux pour construire des cabanes et même de véritables maisons. Les fenêtres de ces habitations sont fermées par des peaux de bœufs. Dans les régions voisines de la mer, les Anglais achètent de temps en temps à vil prix des monceaux de cendres d'os destinées à la fabrication des engrais.

La viande de veau est inconnue au Brésil. On donne ce nom à la viande des jeunes bœufs, quand par hasard on en tue dans les fazendas. A Rio, certains bouchers vendent des veaux depuis la grosseur d'un lapin jusqu'à celle d'un mouton; mais ce sont des veaux extraits des vaches pleines qui sont régulièrement tuées à l'abattoir. Ces fœtus, plus ou moins âgés, sont fortement *soufflés* et présentent quelque apparence; mais la viande est absolument *creuse*, inférieure de qualité et même répugnante, surtout quand on en connaît l'origine.

La capitale et les grandes villes sont approvisionnées de lait par des étables, généralement bien tenues, où des éleveurs portugais entretiennent des vaches bonnes laitières, de la race dite *taurine*, qui se rapproche de la race hollandaise. Ces animaux sont bien soignés, nourris d'herbes fraîches en tout temps et donnent un lai très aqueux. Souvent on promène dans la ville la vache suivie de son veau et on la trait en présence du client : dans ce cas, le prix du lait est fort élevé, 1 fr. 50 à 2 francs le litre. Le lait vendu par les

marchands ambulants ne coûte pas plus de la moitié de ce prix, mais il renferme au moins 50 pour 100 d'eau.

Les produits de l'industrie laitière se réduisent aux fromages de Minas, qui donnent lieu à un mouvement d'affaires considérable. C'est un produit à pâte sèche comme le fromage de Hollande, mais plus maigre et d'un goût assez particulier. Les fromages de Minas sont fabriqués un peu au hasard et sont loin d'être réguliers comme qualité.

La fabrication du beurre n'existe pas, excepté dans les environs de Rio, à Pétropolis, où un Français achète le lait aux colons allemands pour produire du beurre et du fromage de Brie, de qualité supérieure. C'est une rare exception : en général, on ne consomme au Brésil que le beurre salé, danois ou français, expédié dans des boîtes de fer-blanc soudées. La vérité nous oblige à dire que la supériorité appartient aux beurres danois. Néanmoins les beurres français, qui sont plus salés et possèdent un goût plus marqué, nous dirions volontiers *plus fort*, sont très appréciés par les Brésiliens.

A quelle race appartiennent les bœufs du Brésil et, en général, de l'Amérique du Sud? Il est fort difficile de le dire, car ces animaux étant revenus promptement à l'état sauvage se reproduisent au hasard de la sélection naturelle.

Cependant plusiurs caractères dominent dans ce mélange de toutes sortes de races. On remarque chez presque tous les individus l'énorme développement des cornes, la grosseur et la force des jambes, l'épaisseur du cuir, la longueur et la rudesse du poil.

La sélection naturelle doit perpétuer ces caractères parmi des animaux obligés de se défendre contre leurs pareils, forcés de faire de longues courses pour trouver leur nourriture, constamment exposés aux intempéries, c'est-à-dire aux chaleurs alternant avec les pluies torrentielles. Tout sujet faible ou mal armé doit évidemment succomber dès le début de cette lutte pour la vie.

Quelques grands propriétaires ont essayé de propager au Brésil les meilleures races de bœufs. Ils ont obtenu des résultats encourageants, mais il est bien difficile de les maintenir, car les animaux sont toujours en demi-liberté, pour le moins, et les unions se font en dehors de la volonté de l'éleveur, entre les animaux de race et ceux du pays.

Dans la province de Bahia, on vante les mérites de la race Zébu

(*Bos Indicus*). Il semble que dans les contrées marécageuses, par exemple à Campos, le buffle donnerait de bons résultats; mais on n'a pas encore fait d'essais dans cette direction.

Que valent au juste les immenses pâturages du Brésil? Un ouvrage semi-officiel nous apprend que dix hectares de ces pâturages suffisent à l'entretien d'une tête de gros bétail. Admettons ce chiffre comme vrai, quoiqu'il paraisse exagéré (en bien); cela revient à dire qu'un hectare de pâturages nourrit dix fois moins de bétail qu'en Europe; car, dans tous les pays bien cultivés, on admet qu'un hectare de terre suffit à l'entretien d'une tête de gros bétail.

Ce résultat n'a rien de surprenant.

Les prairies naturelles du Brésil sont verdoyantes et du plus bel aspect; mais elles se composent de graminées spéciales à larges feuilles et fort dures, plus, d'une quantité de plantes dont les animaux se passeraient fort bien et que la faim seule les oblige à accepter.

Les éleveurs soigneux ne comptent guère sur les prairies naturelles. Dans les terres bien préparées, ils cultivent une espèce de graminée très vigoureuse, succulente et à croissance rapide. On le nomme *gazon d'Angola*. On fait souvent dix coupes par année. Cette graminée rappelle tout à fait notre *escourgeon*, si apprécié pour les vaches laitières.

On cultive aussi au Brésil d'autres graminées spéciales à ce climat. De plus, les colons allemands ont introduit la luzerne dans les provinces du sud : elle y a très bien réussi.

L'avenir de l'élevage brésilien est certainement du côté de la prairie artificielle créée avec des plantes convenables. Les prairies naturelles seront de plus en plus abandonnées, bien qu'elles aient donné de très beaux produits, si l'on ne considère pas l'étendue des surfaces livrées au pâturage.

Race chevaline.

C'est dans les immenses plaines des provinces du sud que s'est développée l'industrie chevaline ou plutôt l'industrie *mulassière*. Sous ce rapport, le Rio-Grande du Sud n'a rien à envier au territoire voisin de l'Uruguay, pas plus qu'à la Plata.

Les mules du Rio-Grande sont des animaux fort utiles, répandus dans tout le Brésil. Impossible d'imaginer des sujets mieux propor-

tionnés, plus alertes, plus vigoureux et plus sobres. Tous les tramways des grandes villes sont desservis au grand trot par des mules aux jambes fines, aux allures vives, d'une docilité remarquable. Les petites voitures (pour vingt-cinq voyageurs) n'ont qu'une seule mule; celles de cinquante voyageurs sont traînées par deux mules; dans les rampes on en met quatre. Ces animaux sont bien nourris de maïs du pays et de foin amené en bottes comprimées de l'Uruguay, de la Plata et même du Rio-Grande.

Faisons remarquer en passant que depuis trente ans les tramways sillonnaient la ville de Rio dans tous les sens, alors qu'on établissait timidement une seule ligne de Paris à Sèvres et Versailles sur une route presque déserte, *afin de ne pas gêner la circulation!*

Au Brésil, les mules servent pour tous les voyages à l'intérieur, car le plus souvent les routes n'existent pas ou bien elles ne sont praticables que pour le cavalier : encore fait-il sagement de ne pas s'y aventurer dans la saison des pluies. Une mule porte quarante-cinq kilogrammes dans chacun de ses deux bâts.

Dans les grandes villes, on emploie les mules pour les tombereaux et camions; mais les bœufs sont préférés aussitôt qu'il s'agit de matières trop lourdes et de chemins impossibles, tel qu'on en trouve déjà dans les faubourgs de la capitale.

Les chevaux sont rares au Brésil; ils s'élèvent cependant très bien dans le sud.

Races ovine et caprine.

On élève fort peu de moutons au Brésil, aussi la viande de mouton est-elle d'un usage excessivement restreint. A Rio, il n'y a guère que les Européens qui apprécient cette viande. Elle est d'ailleurs de très bonne qualité : la plus grande partie provient des moutons que les palefreniers des compagnies de tramways élèvent tout en soignant leurs mules; à titre de gratification, les compagnies tolèrent un certain nombre de moutons qui profitent très bien des *restes* des mules.

Les chèvres prospèrent au Brésil; la chair et le lait sont seuls utilisés, les peaux sont presque toujours perdues, surtout les peaux de chevreau que personne ne prend soin de faire sécher, comme on fait à la Plata.

Race porcine.

Les porcs pullulent dans tout l'empire, surtout dans Minas-Geraes. Ce sont des porcs anglais, généralement des Berkshire plus ou moins dégénérés.

On nourrit les porcs de maïs, de manioc, des tubercules de *maranta*, et autres plantes féculentes, de graines de coton et de toute espèce de débris animaux ou végétaux. Les porcs mangent aussi les graines féculentes de l'*Araucaria brasiliensis* (*pinheiro* ou *pin* du pays), lequel forme des forêts entières dans les provinces du Parana, Saint-Paul et Sainte-Catherine.

La viande du porc brésilien n'a pas de mauvais goût; bien que trop grasse, elle est à peu près passable à l'état frais. Mais elle est si mal préparée, salée avec si peu de soin, que le lard de Minas ne sert guère que pour nourrir la troupe et les gens les moins difficiles. La graisse de porc du pays est constamment vendue bien au-dessous du prix de la graisse importée de l'Amérique du Nord, laquelle nous paraît cependant assez médiocre.

Cette infériorité des salaisons brésiliennes a déterminé un Anglais à établir une grande usine de salaisons sur les confins de la province de Minas. Cette création paraît appelée à un grand avenir.

Volailles.

Toutes les races de volailles prospèrent au Brésil et forment une ressource considérable pour l'alimentation; car, même dans les grandes villes, le prix des animaux de basse-cour n'est pas plus élevé qu'en France, il est même notablement inférieur.

Les poules représentent un mélange de toutes sortes de races, par exemple des cochinchinoises à pattes jaunes croisées avec des coqs de combat assez communs dans les pays, car les Portugais sont amateurs de combats de coqs et élèvent dans ce but une race haute sur jambes, presque sans plumes, avec les ergots et le bec très développés. Rien de plus grotesque que les produits d'un tel croisement.

Parmi les variétés indigènes (ou résultant de la sélection naturelle), on remarque une fort belle race, d'une bonne grosseur, à pattes extrêmement courtes, qui serait digne d'être améliorée par sélection.

Une autre variété est absolument dépourvue de plumes à la queue : elle passe pour être fort bonne pondeuse.

Les dindons et les pintades réussissent bien partout, ainsi que les oies et les canards de Barbarie. Le canard ordinaire demande plus de précautions; cependant il résiste bien au climat.

Pendant les grandes chaleurs, une maladie épidémique (une sorte de choléra) sévit fréquemment sur les volailles. On accuse volontiers les nègres de les empoisonner; ce qui arrive bien quelquefois, mais ne suffit pas pour rendre compte d'épidémies générales.

Un des grands ennemis des volailles en Amérique, c'est la sarigue (le *gamba*) qui s'introduit dans les basses-cours en grimpant par-dessus les clôtures, saigne tout ce qu'elle peut atteindre et dévore en partie ses victimes en passant de l'une à l'autre sans jamais les achever.

On détruit la sarigue en profitant de son penchant bien connu pour les liqueurs fortes. Le soir on met au milieu de la basse-cour un plat rempli de *cachaça* (eau-de-vie de canne à sucre). La sarigue vient boire jusqu'à tomber ivre-morte. Le matin on l'assomme sans qu'elle essaye de fuir. De là le dicton : *ivrogne comme un gamba.*

Les cultures vivrières.

Cette expression, fort usitée aux colonies françaises, désigne assez bien l'ensemble des cultures destinées à fournir des *vivres* à la population d'un pays.

Au premier rang des cultures vivrières brésiliennes, il faut placer le *manioc.*

C'est la racine d'une euphorbiacée (*Jatropha manihot, manihot utilissima*), qui croît un peu partout entre les tropiques. Elle n'est pas indigène au Brésil, si l'on s'en rapporte aux traditions des indigènes qui attribuent à cette plante une origine merveilleuse.

On connaît deux variétés principales de manioc :

1° Le *manioc doux* (*aipim*) dont la racine peut être mangée sans inconvénient; elle constitue même un légume très acceptable qui ressemble au salsifis. Mais le rendement de l'aipim est trop faible pour la grande culture. On lui préfère le suivant, dont on connaît d'ailleurs beaucoup de sous-variétés.

2° Le *manioc amer* : C'est un arbuste dont la hauteur ne dépasse guère deux à trois mètres. Il produit d'énormes tubercules, de

forme analogue à ceux du dahlia, mais beaucoup plus gros. On le multiplie de boutures qu'on plante sur des ados façonnés à la main. Rien n'empêche d'ailleurs de faire ce travail à la charrue.

Dans le courant de l'année, il est nécessaire de donner au sol plusieurs façons à cause de l'envahissement des plantes nuisibles.

Le plus redoutable ennemi des plantations de manioc, c'est la fourmi *sauva*, que nous avons déjà citée à propos de la canne à sucre.

On arrache le manioc à la fin de la troisième année. L'arbuste n'a pas le temps de fleurir et de rapporter graine, ce qui fait croire que le manioc ne peut donner des graines fertiles; mais cette erreur tombe d'elle-même quand on examine les plants de manioc qui ont survécu dans les plantations abandonnées.

Les racines sont lavées, épluchées à la main de manière à enlever une écorce grisâtre épaisse de trois ou quatre millimètres; puis, râpées en les pressant sur un tambour garni de feuilles de fer-blanc qui porte des dents repoussées au poinçon. Cette râpe, fort primitive, est portée sur l'arbre vertical d'une roue *à cuillères*, moteur hydraulique primitif qui fonctionne encore dans les coins reculés de l'Europe.

La pulpe de manioc est pressée de manière à faire écouler la plus grande partie du suc vénéneux, puis mouillée et pressée de nouveau. L'eau dissout les matières nuisibles, mais elle entraîne aussi une grande partie de la fécule.

En laissant déposer les eaux de lavage dans des bassins on obtient la fécule de manioc, qui sert d'amidon dans le pays et se vend à peu près le double de notre amidon.

Une partie de cette matière féculente sert à fabriquer le *tapioca*.

Pour obtenir ce produit si justement estimé, il suffit de jeter la fécule encore humide dans une grande bassine de cuivre très plate, chauffée à feu nu. On a soin de maintenir la température assez basse, tout en remuant avec précaution. La fécule se gonfle, et les grains se soudent en gros grumeaux du volume d'une noisette et très irréguliers : c'est le vrai *tapioca du Brésil*, qui est bien supérieur aux imitations que nous en faisons avec la fécule de pomme de terre. Pour vendre en Europe le vrai tapioca, on est obligé de le réduire en petits grains, afin de ne pas heurter les préjugés du consommateur, qui n'accepterait pas un produit en grains irréguliers.

La pulpe de manioc, lavée, pressée et séchée, constitue la *farine*

de manioc ou ce qu'on appelle simplement la *farine* au Brésil, car c'est la base de la nourriture nationale : l'immense majorité de la population ne mange pas de pain.

La farine de manioc se compose de fibres assez longues, très irrégulières, ressemblant à du bois blanc râpé, plus, de nombreux grains de fécule et de diverses matières d'un goût assez agréable. C'est la *cassave* des Antilles françaises.

On emploie surtout la farine de manioc en guise de pain pour absorber la sauce des haricots noirs bouillis avec le lard et la viande séchée : c'est le mets national par excellence, la *fejoada.* On forme ainsi (à l'aide des doigts, le plus souvent), des boulettes qui ressemblent, à s'y méprendre, à celles que nous employons pour l'engraissement des volailles, mais qui constituent une nourriture solide et en somme assez digestible. La farine s'ajoute d'ailleurs à la plupart des sauces. On l'emploie aussi pour farcir les volailles rôties, composer des potages, des gâteaux, etc.

Le travail du manioc se fait en général sur une petite échelle, d'une façon très primitive, et mérite à peine le nom d'industrie. Des recherches spéciales nous ont appris qu'il est complètement inutile d'enlever l'écorce des racines, et qu'on obtient de très belle fécule et une farine de qualité suffisante en supprimant cette main d'œuvre coûteuse. Il y aurait grand avantage à établir des usines centrales pourvues de râpes et laveries perfectionnées, comme celles de nos féculeries.

Ayant pris des informations positives chez les principaux cultivateurs de manioc des environs de Magé (province de Rio), nous avons appris que ceux-ci étaient prêts à vendre *au comptant* toute leur récolte pour la moitié du prix de la quantité moyenne de farine qu'ils peuvent en retirer. Autrement dit, la main-d'œuvre est évaluée par les producteurs de farine *à la moitié de la valeur du produit.* Il y aurait donc un avantage considérable à remplacer cette main-d'œuvre si chère par le travail mécanique et les procédés économiques de nos féculeries.

Le Brésil possède plusieurs autres plantes à racines féculentes, mais aucune ne paraît aussi avantageuse que le manioc au point de vue de la grande culture, à l'exception toutefois de la patate (*Convolvulus batatas*). Ces plantes appartiennent à plusieurs espèces des genres *Colocasia* (*ignames*), *Caladium*, *dioscorea* (on les nomme *caras* dans le pays).

Le jardinage.

Avec leur esprit éminemment pratique, les Anglais ont observé que les progrès du jardinage suivent exactement ceux de l'art culinaire, et réciproquement. C'est même en s'appuyant sur ce fait bien établi qu'ils ont créé chez eux des *écoles de cuisine*, en même temps que des encouragements de toute sorte pour la culture maraîchère.

Au Brésil, le jardinage se réduit à très peu de chose, précisément parce que l'art culinaire y est peu avancé.

Les jardiniers sont presque tous Portugais et ils ont apporté avec eux de détestables habitudes.

A Rio même, où les jardins d'agrément sont nombreux et souvent magnifiques, les jardins potagers sont d'une infériorité complète.

Un seul est vraiment remarquable et fait voir ce qu'on peut obtenir sous ce climat chaud et humide : c'est le jardin potager du palais de l'empereur, à Sao Christovao (faubourg de Rio).

Mais il est dirigé par un Français du plus grand mérite, M. Glaziou, botaniste éminent, établi depuis longtemps au Brésil où il a créé le parc impérial de Sao Christovao ainsi que les admirables promenades publiques de Rio, y compris le parc magnifique du Campo de Acclamaçao qui vient d'être terminé.

Le potager impérial est disposé comme un *marais* des environs de Paris et donne à peu près tout ce qu'on peut désirer en fait de légumes, à part quelques espèces qui ne pourraient supporter le climat, les pois pour grains, par exemple.

Mais les potagers particuliers ou ceux qui sont exploités par des Portugais au point de vue du commerce sont traités d'une façon vraiment extraordinaire.

Le Portugais divise son terrain en planches étroites séparées par des tranchées de dix à quinze centimètres de profondeur qui représentent les sentiers de service.

Chaque planche est entourée d'une bordure ou plutôt d'une petite muraille de terre argileuse, battue, rebattue et bien polie. Ce rempart n'a pas moins de dix à quinze centimètres d'épaisseur : les angles sont arrondis avec soin. Le jardinier passe pour être d'autant plus habile que cette petite fortification est mieux exécutée et mieux entretenue.

Le premier inconvénient du système, c'est d'immobiliser les

sentiers de service, de sorte qu'on ne peut les changer à volonté comme font nos maraîchers.

Le second, c'est que l'eau des arrosages est trop vite absorbée par ces planches en relief sur le sol. En outre, les plantes voisines des bordures souffrent beaucoup pendant les grandes chaleurs.

Ayant fait cultiver un potager *à la française* par un Portugais assez docile et lui ayant démontré les inconvénients des remparts de terre battue : « c'est bien connu, nous répondit-il; dans mon pays (aux Açores) j'ai travaillé dix ans chez un Français qui cultivait à plat et qui avait les plus beaux légumes du pays. Mais, pour l'agrément du coup d'œil, son jardin était au-dessous de tous les autres. »

C'est pousser beaucoup trop loin l'amour de l'ornementation.

Dans les potagers à la mode portugaise on cultive surtout une variété de choux qui se reproduit de bouture. Ce chou ne pomme jamais et donne des feuilles assez dures. Quelques étrangers, des Français surtout, se livrent à la culture en grand du chou pommé dans les environs de Rio; c'est une bonne spéculation, vu le prix élevé de cette rareté qui se vend sur les marchés au moins un franc la pièce.

Le chou-fleur ne vient guère qu'à mille mètres au-dessus de la mer, à Thérésopolis notamment, où il est médiocrement cultivé, à l'aide de graines venant de sujets abâtardis.

Les navets réussissent bien, ainsi que les carottes. Celles-ci sont rares et chères, il n'y a guère que les Français qui les cultivent et les apprécient.

Le haricot a donné au Brésil d'innombrables variétés, car il se reproduit de lui-même un peu partout, n'ayant jamais à souffrir de la gelée. Plusieurs de ces variétés réussiraient en France.

La variété cultivée de préférence, c'est un haricot noir nain, à petits grains assez durs. Il est passable en vert, quand il est très jeune; mais c'est surtout au point de vue du grain qu'on le cultive; et même cette culture sort un peu du jardinage pour atteindre les proportions de la grande culture. Du reste, le travail se réduit à très peu de chose : on défriche à peu près ou plutôt on *dégazonne* un coin de terre; puis on y laisse tomber au hasard quelques haricots qu'on enterre d'un coup de talon. La croissance est tellement rapide que le haricot donne souvent ses produits avant que les herbes retournées aient eu le temps de repousser.

Les doliques réussissent aussi très bien, surtout le *dolique asperge* qui donne des gousses de quarante centimètres de long, très bonnes en vert.

Les pois peuvent à peine vivre au Brésil, à l'exception du *pois mange-tout* qui donne quelques produits.

Les chicorées, laitues, radis, etc., se cultivent aussi aisément qu'en France.

Aux environs de Rio, on remarque des cressonnières assez bien disposées. Mais, contrairement à nos habitudes, on n'y fauche le cresson que quand il est sur le point de fleurir.

Le *quingombo* (*Hibiscus esculentus*, espèce de Malvacée), très apprécié dans nos colonies, ne l'est pas moins au Brésil, où il pousse très facilement. Les capsules encore vertes fournissent un ragoût visqueux où nagent les graines à peine formées. En général, il est assez difficile de s'habituer au *quingombo*. C'est la même plante que les publications agricoles ont récemment recommandées sous le nom de *Banian*.

De nombreuses variétés de courges et potirons réussissent parfaitement au Brésil. Elles acquièrent une remarquable finesse de chair et même une odeur agréable rappelant la violette. Mais la cuisine nationale ne sait pas en tirer parti, sinon pour en faire bouillir quelques tranches dans le pot-au-feu qui devient ainsi fort médiocre.

Les melons, les pastèques donnent aussi de très beaux produits ainsi qu'une variété de concombre (du genre *Lagenaria*), nommée *concombre d'eau*, dont on prépare d'excellentes confitures.

La pomme de terre ne réussit pas au Brésil, excepté à partir de mille mètres d'altitude ou dans l'extrême sud. A Thérésopolis, la pomme de terre donne de très beaux produits, dans l'espace de trois mois seulement. On peut même planter à contre-saison, au cœur de l'été, comme l'expérience nous l'a prouvé par une récolte faite, le 1er avril 1879, sur une plantation datant du 1er janvier de la même année.

La quantité de pommes de terre récoltée au Brésil ne représente qu'une minime partie de la consommation. L'Angleterre, la France, le Portugal, l'Uruguay, envoient chaque année d'énormes quantités de pommes de terre au Brésil où elles atteignent le prix de cinquante francs les cent kilog.

Il en est de même des oignons, de l'ail, qui viennent presque tous du Portugal.

La tomate sauvage à petits fruits ovoïdes vient partout au Brésil. La tomate cultivée y devient si vigoureuse, qu'on en couvre des berceaux garnis de fleurs et de fruits en toute saison.

Parmi les légumes propres aux pays chauds, citons en première ligne la patate qui acquiert au Brésil d'énormes dimensions, en même temps que des qualités exceptionnelles. Malgré le bas prix de la patate, il est impossible de la substituer à la pomme de terre, à cause de son goût sucré qui amène très vite la satiété et se prête mal aux préparations culinaires.

Ainsi que nous l'avons dit dans un précédent article, la patate peut servir de base à une industrie sérieuse (féculerie, distillerie).

Citons enfin, parmi les légumes indigènes, le *xuxu* (prononcez *chouchou*), qui croît un peu partout, même à l'état sauvage (*Sechium edule*, chayote aux Antilles). C'est une plante grimpante qui couvre les murailles, les arbres, etc. Le fruit a la forme d'une poire et constitue un très bon légume quand il est encore jeune. La saveur est tintermédiaire entre celle du chou-rave et celle du fond d'artichaut.

Pour compléter la liste des légumes brésiliens, il faudrait ajouter plusieurs plantes dont les feuilles remplacent les épinards, mais que les Européens n'apprécient guère.

Enfin, comme le tabac se cultive librement au Brésil et que la plus grande partie de la population fume continuellement, on rencontre souvent de nombreux pieds de tabac dans les potagers. Le tabac est même cultivé en grand dans les provinces de Bahia, du Rio-Grande du Sud, etc. On exporte déjà de grandes quantités de tabac : ainsi la régie française a fait acheter l'année dernière *six cent mille kilogrammes* de feuilles de tabac du Rio-Grande.

En résumé, ce qui manque le plus aux environs des grandes villes brésiliennes, ce sont les grandes cultures maraîchères si bien installées aux environs de Paris.

Tout près de Rio s'étend la vaste plaine sablonneuse d'Inhauma renommée pour l'excellence des légumes (principalement des melons) qu'on y cultive en quelques points. Avec des engrais convenables, la plaine d'Inhauma fournirait abondamment de légumes les quatre cent mille habitants de Rio. Mais la production est presque insignifiante, parce que le sol s'use très promptement sans engrais et qu'il faut le laisser longtemps reposer pour réparer ses pertes.

Pour expliquer cette disette d'engrais, il est nécessaire de faire

remarquer que toutes les vidanges de la capitale ont été cédées à une compagnie anglaise qui s'est obligée à désinfecter les liquides avant de les jeter à la mer, et qui transforme les matières solides en engrais destinés à l'exportation. C'est à ce sujet que Liebig (s'il vivait encore) pourrait s'écrier avec raison : l'*agriculture anglaise est un vampire!* Mais ce serait une grande exagération, car il se passera encore longtemps avant que les Brésiliens appliquent leurs eaux d'égout à l'irrigation et à la fécondation de la plaine d'Inhauma.

Les arbres fruitiers.

Le bananier est, par excellence, l'arbre fruitier de l'Amérique méridionale, si l'on peut donner le nom d'*arbre* à une gigantesque plante herbacée. La hauteur du bananier ne dépasse guère cinq mètres : à la base, la tige n'atteint pas vingt-cinq centimètres de diamètre et peut être facilement tranchée par le plus mauvais couteau.

C'est presque toujours par groupes de quatre ou cinq tiges que se présente le bananier. La tige qui a porté fruit est coupée rez-terre, ou bien elle se flétrit naturellement. Elle est bientôt remplacée par une autre tige qui repousse du pied.

On cultive au moins sept ou huit variétés, dont les principales sont : la *banane du pays*, à fruits longs et gros et la *banane de Saint-Thomas*, préférable pour la cuisine; la *banane rouge*, dont la peau est d'un rouge violacé; la *banane pomme*, petite, d'un jaune assez vif quand elle est mûre, la meilleure à manger crue; la *banane de Chine*, excellente variété, d'apparence trappue, très productive.

C'est par *éclats* enracinés qu'on multiplie le bananier, mais en le propageant de graines avec quelques soins on pourrait évidemment créer des variétés intéressantes.

Les plantations de bananiers s'entretiennent très facilement; il suffit de quelques binages pendant la première année seulement; car le bananier se rend bien vite maître du terrain en étouffant les autres plantes.

Au point de vue de l'alimentation, l'importance de la banane est considérable, car ce fruit est réellement nourrissant et les Européens s'habituent promptement à en manger à chaque repas. C'est le cas de rappeler le mot si connu de notre grand agronome, M. Boussingault : « Grâce à la banane, personne ne meurt de faim dans l'Amérique du Sud. »

Au Brésil, on ne fait pas sécher la banane comme au Mexique : le climat est trop humide; mais on arriverait au même résultat au moyen d'étuves bien disposées.

Dans ce recueil (tome II, page 429), M. Corenwinder a publié de très intéressantes recherches sur la composition de la banane.

Toutefois, il nous semble difficile que la banane puisse servir de base à une grande industrie, extraction de sucre ou production d'alcool. D'abord, la canne à sucre et même la patate primeront toujours la banane sous ce double rapport. En outre, un *régime de bananes* (énorme grappe composée de cinquante à cent fruits) doit toujours être cueilli un peu avant la maturité. Mais cette époque même est indéterminée, chaque bananier mûrissant ses fruits à son tour : ce qui nous paraît en dehors des conditions ordinaires des récoltes industrielles.

L'oranger est cultivé partout au Brésil et y prospère admirablement. On assure même que l'oranger est indigène, car on le rencontre dans les parties les plus reculées du Brésil, au cœur de la province de Matto Grosso, par exemple. Cette question d'origine est difficile à élucider, aussi bien qu'un autre fait, extrêmement curieux au point de vue botanique, qui a été signalé par le docteur Murtinho, professeur à l'École polytechnique de Rio. Dans l'intérieur de Matto Grosso, lorsque arrive la saison des pluies, les oranges déjà jaunes et presque mûres reprennent leur couleur verte et continuent de s'accroître jusqu'à la saison sèche.

Les meilleures variétés d'oranges cultivées au Brésil sont : les *mandarines* ou *tangérines*, précoces et produites par un arbre vigoureux et de grande taille; les *oranges communes*, avec de nombreuses sous-variétés; les *oranges célestes*, à peau brune, de première qualité; les *oranges poires*, de forme ovoïde, très tardives, etc. Il faut citer aussi les *oranges de Bahia*, vertes et deux ou trois fois grosses comme les oranges ordinaires : on leur donne le singulier nom d'*oranges à nombril*, parce que l'ombilic du fruit présente l'aspect d'une petite orange contenue dans la principale.

L'orange dite de *Chine* ne peut servir que pour confitures. Il en est de même d'une autre grosse orange verte à peau très épaisse : l'arbre qui la produit porte des feuilles très grandes et de magnifiques bouquets de larges fleurs blanches, lavées de rose extérieurement.

Les limons acides, les limons doux, les citrons et les cédrats de toutes variétés sont aussi très communs et produisent presque sans culture.

En résumé, ce sont les bananes et les oranges qui représentent les fruits *populaires* au Brésil. Dans les plus humbles cantines à l'usage des ouvriers, chacun a droit à une banane et à une orange, sans supplément de prix. Sur le marché de Rio, le prix des oranges ne dépasse pas deux francs cinquante centimes le cent; mais aussitôt qu'on s'éloigne des grandes villes, la valeur de ce fruit devient très faible, sinon tout à fait nulle, surtout dans le voisinage des forêts d'orangers. Inutile de dire que dans les restaurants de premier ordre à Rio ou à Bahia, les oranges sont toujours cotées à cinquante centimes l'une, à l'imitation de ce qui se fait dans les premiers restaurants de nos grandes villes.

L'*ananas* donne d'excellents produits, surtout la variété dite *abacaxi*, cultivée à Bahia et à Pernambuco. Le prix en est assez élevé, 1 fr. 25 à 2 fr 50, et d'ailleurs ce fruit n'entre pas régulièrement dans la consommation.

Le figuier réussit très bien, surtout dans les régions élevées. A Rio même, il faut le receper chaque année si l'on veut obtenir des fruits, autrement il *s'emporte* en feuilles sans arriver à fleurir. Mais à mille mètres d'altitude, le figuier, tout en demeurant très vigoureux, donne des fruits de première qualité.

La vigne européenne donne de bons produits dans la province de Saint-Paul, où l'on commence à fabriquer sérieusement du vin. Jusqu'à présent, il n'est pas question des attaques du phylloxera. Dans tout le reste de l'empire, on cultive des vignes américaines qui donnent régulièrement deux récoltes chaque année. Le raisin a un goût *foxé* particulier, mais on finit par s'y habituer. D'ailleurs les vignes européennes peuvent fructifier même à Rio : c'est une question de taille, comme nous l'avons vérifié sur un pied de muscat, autrefois planté par un Français dans un jardin de la ville. Soumis à la taille courte, ce pied a produit dès la première année de nombreux fruits de qualité supérieure.

Le pêcher vit au Brésil, même à Rio, où il fleurit abondamment. Il se couvre d'une surabondance de fruits qui croissent si vite qu'ils se rapprochent bien plus de l'amande que de la pêche. En laissant un seul fruit sur chaque brindille, la pêche double de volume, mais elle reste toujours dure et ne peut être mangée qu'à l'état

cuit. Dans les régions élevées, le pêcher atteint les proportions de nos plus gros pommiers, et le fruit s'améliore un peu.

Le poirier, le coignassier ne vivent qu'à partir de 1000 mètres d'altitude. Les poires sont d'assez bonne qualité, les coings sont petits et manquent de parfum.

Parmi les innombrables fruits indigènes, nous citerons seulement les plus importants.

La *mangue* est un excellent fruit, très parfumé, bien que doué d'un goût particulier de térébenthine auquel on ne s'habitue pas tout de suite. Les meilleures variétés de mangue ont un noyau relativement petit, une chair fondante et ne possèdent qu'une faible saveur de térébenthine. On les propage par la greffe, dans les colonies françaises. Mais, au Brésil, la plupart des manguiers sont francs de pied : ce sont de magnifiques arbres rappelant notre noyer pour la forme générale et le feuillage. Le manguier renouvelle ses feuilles par parties : de sorte qu'un même arbre présente souvent sur une face des feuilles nouvelles d'un brun clair, sur une autre des fleurs en corymbe semblables à celles des marronniers d'Inde, enfin des fruits à divers degrés de maturité.

L'*abacati* est le fruit de l'arbre que nous appelons *avocatier* dans nos colonies (*Laurus Persea*). C'est une grosse poire verte contenant un énorme noyau entouré d'une chair fondante et douceâtre analogue à la pistache. Assaisonnée de sucre et de jus de citron, cette chair constitue un mets très délicat.

La *noix de coco*, dont nous avons déjà parlé, figure aussi parmi les fruits indigènes ; quand elle est râpée, on la fait entrer dans diverses préparations sucrées où elle remplace l'amande.

De nombreuses espèces appartenant au genre *Eugenia* fournissent des fruits directement comestibles comme les *jaboticabas*, les *cerises du Para*, les *grumixams* qui se rapprochent un peu de nos cerises; ou bien des fruits à confire comme la *pitanga* et surtout la *goyave* dont l'importance est considérable. On prépare avec celle-ci une sorte de marmelade ainsi qu'une pâte sèche analogue à la pâte de coings, qui pourrait devenir l'objet d'une exportation considérable.

Le *cajou* (ou *noix d'acajou*) est le fruit le plus original qu'on puisse imaginer. Il est produit par l'*anacardium occidentale;* c'est une sorte de poire nuancée de jaune et de rouge vif, portant à l'ombilic une graine en forme de haricot. Celle-ci contient une amande comestible, entourée d'une enveloppe qu'il faut enlever

avec soin, car elle contient un suc très corrosif, comme le phénol, que les chimistes ont étudié sous le nom *d'acide anacardique*. Quant à la chair de la poire (qui représente le pédoncule gonflé de la graine), elle est fort acide : on en prépare une sorte de limonade ou bien on en fait une compote sucrée.

Le fruit du *jambosier* est assez analogue au cajou.

Un des meilleurs fruits de l'Amérique méridionale, est la *sapotille* ou *nèfle d'Amérique*. Cette nèfle, de la grosseur d'un œuf, est produite par un grand arbre de la famille des sapotées : on la mange à l'état blet, mais elle est bien supérieure à la nèfle d'Europe.

Le néflier du Japon prospère au Brésil et donne des quantités de grappes de fruits semblables à des prunes de mirabelle, mais au-dessous du médiocre comme qualité.

Une quantité d'autres fruits, à peu près comestibles pour les indigènes, ne sont guère estimés par les Européens : tels sont les *carambolas*, le *cambuco*, l'*abrico* (rien de commum avec notre abricot sauf la forme et la couleur), le *caja-manga*, etc. Exceptons cependant les *atas* (fruits du genre *Anona*) d'un goût délicat, mais qui ne renferment guère que des graines, ainsi que les *maracujas*, fruits d'une belle passiflore très commune.

Quelle est la valeur des fruits des arbres à pain qui servent de base à la nourriture de populations entières dans l'Océanie?

Il y a deux espèces fort distinctes d'arbres à pain.

L'un est le *jack* ou *jacquier* de nos colonies (*Artocarpus integrifolia*). Il a le port et l'aspect des *Ficus elastica* (le caoutchouc de nos appartements) ; il atteint de fortes dimensions et donne d'énormes fruits de forme irrégulière, attachés aux plus grosses branches par de forts pédoncules.

L'autre est l'*Artocarpus incisa*, à feuilles largement découpées et d'un aspect très différent. Le fruit est régulier, ovoïde, moins gros que le précédent (environ deux fois le volume du poing).

Ces deux espèces sont souvent propagées comme arbres d'ornement. Bien que très abondants, les fruits sont délaissés, même par les nègres. Soumis à la cuisson, ils donnent une sorte de masse féculente assez analogue à la pomme de terre cuite, mais fort inférieure comme goût; de plus, cette masse contient des fibres et des cellules assez dures. Il n'y a guère que l'absolue nécessité qui puisse imposer l'usage d'un tel aliment.

Pour terminer cette énumération déjà trop longue, citons le

papayer devenu célèbre dans ces derniers temps à cause des propriétés digestives très remarquable du jus de ses fruits. La *papaïne* agit comme la pepsine animale et sera peut-être l'objet d'une exploitation sérieuse. Le papayer présente un peu l'aspect d'un palmier : on en distingue immédiatement deux variétés : l'une à fruits sessiles, l'autre à fruits longuement pédonculés. Le fruit du papayer (*mamão* en portugais) ressemble à un petit potiron, un peu plus gros que le poing. Il est d'un jaune foncé et devient en mûrissant tout à fait mou. Il exhale alors une forte odeur d'acide butyrique qui attire de loin les papillons et autres insectes; ce fait est bien connu des collectionneurs des magnifiques papillons brésiliens qui se servent du fruit du papayer pour leurs chasses.

En résumé, on peut affirmer sans exagération que le Brésil est très riche en fruits, indigènes ou autres; mais la plus grande partie de ces produits reste sans utilité, faute de moyens de transport et de bons procédés de préparation.

RECHERCHES SUR LES CHOUX FOURRAGERS

Par M. H. LÉZÉOUR
Directeur de la station agronomique du Lézardeau

ET

M. NIVET
Professeur à l'École du Lezardeau.

Le présent travail avait été entrepris par M. Philippar, qui a quitté la direction de la station en novembre 1880. Il voulait, par ses recherches, que nous avons continuées, éclairer l'agriculture de la Bretagne sur la production fourragère très importante aujourd'hui que peuvent donner les variétés si nombreuses des choux soumis à la culture.

Les résultats obtenus l'année précédente, dans des recherches de même nature sur les rutabagas, et exposés dans le numéro de juillet 1880 des *Annales agronomiques*, laissaient à penser qu'il y avait lieu de faire des essais comparatifs sur diverses variétés de plantes fourragères, considérées jusque-là comme ayant une valeur nutritive souvent variable, sur laquelle on n'est pas toujours renseigné et qui, dans certains cas, n'est pas exacte. La suite de ce travail démontrera la justesse de cette opinion.

Le chou est plus anciennement cultivé en Bretagne que le rutabaga. Sur tout le littoral nord de notre contrée, il se cultive concurremment avec le panais, et, pendant que celui-ci passe à peu près exclusivement à l'écurie et à la porcherie, le chou est utilisé à l'alimentation des bêtes à cornes pendant une grande partie de l'année. Sa culture progresse peu à peu vers le sud, mais il est encore peu cultivé dans le Morbihan et même le sud du Finistère.

Ce n'est pas d'ailleurs une plante locale, on trouve le chou un peu partout en France, et notamment dans l'Anjou et le Poitou, d'où semble originaire une des meilleures variétés connues. La culture du chou varie beaucoup selon les variétés et aussi selon les localités.

Là où le panais se cultive sur une grande échelle, on est dans l'habitude de diviser les pièces de terres qui lui sont consacrées en planches plus ou moins larges (de 12 à 30 mètres), que l'on sépare par trois à six lignes de choux plantés sur une sorte d'ados, et très rapprochés les uns des autres.

La variété cultivée dans ce cas est le moellier blanc. On le sème à la volée à la fin du mois d'août, ou seul, en pépinière, ou, plus souvent, parmi le trèfle incarnat, et on le met à demeure de janvier à mars.

Cette méthode de culture présente des avantages et des inconvénients. L'avantage principal consiste dans la réunion sur la même terre des différents fourrages exploités à la même époque, parce qu'on évite ainsi des allées et venues pour leur ramassage et leur transport.

Elle a l'inconvénient de diminuer plus qu'on ne pense le produit en panais, qui reste, quand même, le produit principal.

Dans un grand nombre de localités cependant, le chou se cultive seul et est planté dans le courant du printemps; l'époque de la plantation varie d'ailleurs avec le climat et la variété cultivée. Elle doit être telle que le produit arrive au moment où l'on en a besoin pour l'alimentation du bétail.

Sous les climats tempérés comme celui de la Bretagne, il est possible, en graduant convenablement les plantations, et en choisissant bien les variétés, d'avoir des choux consommables pendant une grande partie de l'année. Sous les climats rigoureux, au contraire, cette culture est forcément limitée à certaines époques.

Dans un cas comme dans l'autre, le choix de la variété à cultiver est d'une grande importance, ainsi que le démontrent les expériences que nous avons exécutées.

I. — CHOUX : RENDEMENT COMPARATIF DES DIVERSES VARIÉTÉS.

NUMÉROS des échantillons.	NOMS et détails DES VARIÉTÉS.	INDICATIONS DU CATALOGUE de la maison Vilmorin en 1880. NUMÉROS.	DÉTAILS complémentaires.	RENDEMENTS CONSTATÉS à l'hectare, non compris les pieds gelés. FEUILLES. 1er effeuillage.	2e effeuillage.	RÉCOLTE définitive.	TOTAL des feuilles.	TRONCS.	TOTAL général.	OBSERVATIONS.	CLASSEMENT par ordre de rendement.
				kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.		
1	Chou cavalier ou à vaches..	5080	Très bon et abondant. Peu sensible au froid.......	6.549	3.215	4.274	14.038	3.686	17.724	2.74 p. 100 gelés.	5
2	Chou moellier rouge..... .	5182		4.980	3.372	1.429	9.781	7.450	17.131	34.47 —	6
3	Caulet de Flandre ou cavalier rouge...........	5102	Résistant très bien au froid.	8.313	5.058	2.980	16.351	5.686	22.037	1.17 —	3
4	Moellier blanc.............	5162	Variété succulente, assez tendre à la gelée	4.207	2.941	1.390	8.538	5.882	14.420	39.21 —	7
5	Mille têtes...............	5142	Plus ramifié que le branchu.	6.941	5.568	7.878	20.387	5.687	26.074	15.29 —	2
6	Branchu du Poitou (graine Vilmorin).............	5120	Très ramifié, très fourrager.	10.078	4.313	7.098	21.489	5.215	26.704	27.45 —	1
7	Branchu du Poiton (graine de l'école)............	»		9.882	3.725	5.019	18.626	2.823	21.449	23.56 —	4

Le premier effeuillage a été effectué le 24 septembre et le second le 20 novembre.

La récolte définitive a été faite le 20 février, après une température minima de — 9 centigrades, constatée les 21 et 22 janvier.

L'étude attentive de ce tableau fait ressortir :

1° Que toutes les variétés essayées ne supportent pas également bien le froid. En effet, pendant que le caulet de Flandre résiste au point de n'avoir que 1,17 p. 100 de pieds gelés, le moellier blanc et le moellier rouge sont atteints dans la proportion de 39,31 pour le premier et de 34,47 pour le second ;

2° Que, grâce à cette inégale résistance contre la gelée, l'ordre de classement d'après le rendement obtenu varie au point que la même variété est sixième dans un cas et deuxième dans l'autre, sur sept variétés essayées ;

3° Que, en tenant compte seulement des produits qui ont été obtenus sans la gelée, il existe entre les deux rendements extrêmes une différeuce de 43 p. 100, chiffre énorme, si l'on considère surtout que la variété qui a donné le plus fort rendement est restée au-dessous de 40000 kilog. à l'hectare.

Nous devons placer ici une remarque générale sur la sensibilité du chou cavalier.

Il est parfaitement reconnu, en Bretagne, que le chou, planté de très bonne heure, et ayant eu à subir des temps durs après sa plantation, est infiniment plus résistant aux attaques des limaces pendant sa végétation, que celui qui est planté tard et qui dès le début commence à pousser rapidement. Ne serait-il pas possible qu'il soit aussi plus résistant aux froids de l'hiver suivant ? C'est ce que nous nous proposons d'élucider dans de nouvelles et prochaines expériences.

4° Enfin, que la même variété est susceptible de donner des produits variables suivant son origine. En effet, le numéro 6 et le numéro 7 sont composés par la même variété et donnent un produit assez différent.

Il ne faut voir là, d'ailleurs, qu'une vérification du principe déjà consacré depuis longtemps et qui enseigne qu'il faut toujours se retremper de temps à autre à la meilleure source.

Les choux ne réussissent pas bien dans nos terres légères du Lézardeau, on conçoit facilement qu'ils y dégénèrent rapidement.

La composition et la valeur nutritive.

Dans la première partie de ce travail, nous venons de voir que, suivant la variété du chou, les rendements ont été des plus diffé-

rents. Nous allons étudier quelle est la composition de chacune de ces variétés. Nous pourrons ainsi, connaissant le poids des choux récoltés sur un hectare, et la valeur de cette récolte en substances nutritives, juger ceux dont la culture sera la mieux appropriée à un terrain et à des conditions semblables.

Les auteurs qui ont étudié les choux fourragers ne sont pas parfaitement d'accord sur leur valeur nutritive; en outre, ils n'indiquent pas toujours quelles sont les variétés analysées, ce qui peut faire commettre une grave erreur sur l'application de la somme des substances nutritives contenues dans une récolte.

Bürger trouve la valeur nutritive des choux très faible, il établit que 100 kilog. de feuilles vertes ne valent que 6 kilog. de bon foin sec.

Pour Mayer, 100 kilog. de choux valent 40 kilog. de foin ; pour Thaër, 100 kilog. de choux ne représentent que 33 kil. de foin; Crud indique 20 kilog. de foin.

D'aprés de Gasparin [1], ces chiffres doivent varier selon l'usage qu'on fait des choux : ou pour la nourriture, ou pour l'engraissement et la production du lait. Dans le premier cas, l'équivalent de 100 kilog. de choux serait de 20 à 23 kilog. de foin, tandis que dans le second cas, il serait de 40 kilog. Enfin, il considère le chou comme une plante excellente par ses qualités laticifères et engraissantes. Il attribue aux feuilles de chou la composition suivante : eau, 93 p. 100; matières sèches, 7.7 p. 100, à l'état sec elles dosent 3.70 p. 100 azote, à l'état humide 0.28.

D'aprés M. Heuzé [2], les tiges et les feuilles de choux à tiges contiennent en moyenne 84 à 87 p. 100 d'eau et 13 à 16 p. 100 de matières sèches.

On a reproché au chou, donné comme aliment, de communiquer un mauvais goût au lait et au beurre des vaches qui en consomment. M. Heuzé, dans son ouvrage des plantes fourragères, s'exprime, en effet ainsi :

« Il est vrai que le lait a une odeur de chou, mais cet arome est si faible quand les choux ne sont pas atteints d'un commencement de pourriture, qu'on ne peut les regarder comme nuisibles. La plupart des vaches de la Bretagne consomment des feuilles de chou

1. De Gasparin, *Cours d'agriculture*, t. IV, p. 137.
2. *Les plantes fourragères*, par M. Heuzé, p. 232-388.

II. — CHOUX : COMPOSITIONS RELATIVES DES DIVERSES VARIÉTÉS

NUMÉROS.	NOMS DES VARIÉTÉS.	COMPOSITION CENTÉSIMALE A L'ÉTAT NORMAL. FEUILLES. Eau.	FEUILLES. Matières organiques.	FEUILLES. Matières minérales.	FEUILLES. Richesse en azote matière normale.	TIGES. Eau.	TIGES. Matières organiques.	TIGES. Matières minérales.	TIGES. Richesse en azote matière normale.	RICHESSE EN AZOTE pour 100 DE MATIÈRE SÈCHE. Feuilles.	RICHESSE EN AZOTE Tiges.	CLASSEMENT PAR ORDRE DE RICHESSE en azote. (MATIÈRE SÈCHE.) Feuilles.	CLASSEMENT Tiges.
1	Chou cavalier...............	83.04	15.96	1.00	0.559	76.44	22.26	1.30	0.500	3.296	2.168	6	4
2	Chou moellier rouge.........	86.38	12.52	1.10	0.595	86.44	12.57	0.99	0.297	4.368	2.190	2	2
3	Chou caulet de Flandre......	84.17	11.90	0.93	0.488	78.65	20.42	0.93	0.452	3.082	2.117	7	5
4	Chou moellier blanc.........	82.60	16.15	1.25	0.607	84.56	14.44	1.00	0.548	3.488	3.549	5	1
5	Chou à mille têtes..........	86.30	12.70	1.00	0.619	81.20	18.05	0.75	0.345	4.518	1.835	1	7
6	Chou branchu Poitou (Vilon).	87.60	11.86	1.04	0.512	81.90	17.08	1.02	0.393	2.968	2.171	3	3
7	— (Lézardeau)...	85.33	13.67	1.00	0.548	80.74	18.48	0.78	0.369	3.735	1.916	4	6

III. — CHOUX : PRODUCTIONS COMPARATIVES EN MATIÈRES NUTRITIVES TOTALES ET PAR HECTARE

NUMÉROS.	NOMS DES VARIÉTÉS.	ÉLÉMENTS D'APPRÉCIATION POUR LA RICHESSE EN MATIÈRES NUTRITIVES. FEUILLES. Matières protéiques correspondant à teneur azote ci-contre : p. 100. Matières sèches co-efficient : 6.25	FEUILLES. Matières sèches p. 100.	FEUILLES. Rendement par hectare, matière normale.	FEUILLES. Matières protéiques totales obtenues par hectare, calculées d'après les rendements et les compositions précitées.	TIGES. Matières protéiques correspondant à teneur azote ci-contre : p. 100 Matières sèches, coefficient : 6,25.	TIGES. Matières sèches p. 100.	TIGES. Rendement par hectare, matière normale.	TIGES. Matières protéiques totales obtenues par hectare, calculées d'après les rendements et les compositions précitées.	Matières protéiques totales obtenues par hectare. (Feuilles et tiges.)	Classement par ordre de rendement total en matières protéiques par hectare.
				kil.	kil.			kil.			
1	Chou cavalier....................	20.600	16.96	14.038	490.454	13.550	23.56	3.686	117.671	608.128	5
2	Chou moellier rouge	27.300	13.62	9.781	363.683	13.687	13.56	7.450	138.268	501.951	7
3	Chou caulet de Flandre...........	12.262	15.83	16.351	498.570	13.231	21.35	5.686	160.619	659.189	4
4	Chou moellier blanc..............	21.800	17.40	8.538	323.863	22.181	15.44	5.882	201.413	525.306	6
5	Chou à mille têtes...............	28.237	13.70	20.387	788.664	11.468	18.80	5.687	122.610	941.274	1
6	Chou branchu Poitou (Vilon)......	24.800	12.90	21.489	687.476	13.568	18.40	5.215	128.070	815.546	2
7	— — (Lézardeau)..	23.343	14.67	18.626	637.832	11.975	19.26	2.823	65.109	702.939	3

depuis le mois de septembre jusqu'au printemps, et néanmoins elles fournissent un beurre qui est toujours recherché par ses qualités. En Saxe comme à Londres, dit Schwertz, le beurre des vaches nourries aux choux est remarquable par son bon goût et sa propriété de se conserver. »

D'un autre côté, d'après un grand nombre de cultivateurs habitués à faire consommer les choux par les vaches laitières, ce serait l'odeur dégagée par les restes en putréfaction dans les étables qui serait la seule cause du goût communiqué au lait et au beurre par le chou.

D'après le docteur Julius Kühn [1], la composition moyenne du chou fourrager serait pour 100 : substances sèches, 14.3; substances protéiques, 2.5; matières grasses, 0.7; matières extractives non azotées, 7.1; ligneux, 2.4; cendres, 1.6.

Nous avons continué ces recherches sur un certain nombre de variétés de choux, récoltés dans le champ d'expériences de la station agronomique.

Le tableau n° II nous donne le résultat des analyses et nous permettra de tirer toutes les conséquences qui en découlent, au point de vue de l'importance relative de chacune de ces variétés.

Le relevé de ce tableau nous fournit les indications générales suivantes:

1° Eau.

Feuilles :	Extrêmes,	80.60 - 87.10 %.	Moy. des extrêmes,	81.85.	Moy. générale,	84.988
Tiges :	—	76.44 - 86.44 %.	—	81.44.	—	81.418

2° Matières organiques.

Feuilles :	Extrêmes,	11.96 - 15.96 %.	Moy. des extrêmes,	13.91.	Moy. générale,	13.593
Tiges :	—	12 57 - 22.26 %.	—	17.415	—	17.614

3° Matières minérales.

Feuilles :	Extrêmes,	0.93 - 1.25 %.	Moy. des extrêmes,	1.07.	Moy. générale,	1.045
Tiges :	—	0.75 - 1.30 %.	—	1.025	—	0,967

4° Richesse en matières azotées.

Feuilles :	Extrêmes,	30.82 - 45.18 %.	Moy. des extrêmes,	3.800	Moy. générale,	3.779
Tiges :	—	1.835 - 3.549 %.	—	2.692	—	2.278

La première remarque à faire, lorsqu'on examine ce tableau, est la richesse en azote des variétés considérées; elle est supérieure à

1. Dr Julius Kühn, *Traité de l'alimentation des bêtes a cornes*

celle que Kühn et d'autres auteurs attribuent à la betterave fourragère, et cependant le sol sur lequel on les a cultivées est pauvre et n'a reçu qu'une fumure moyenne. Déjà, dans un travail précédent, M. Philippar avait fait la même observation pour les rutabagas.

Si l'on envisage la composition des tiges et des feuilles, on voit que ces dernières contiennent en général un peu plus d'eau que les premières. D'un autre côté si nous considérons l'azote, nous voyons que pour un même poids de matière sèche, les feuilles sont supérieures aux tiges. D'ailleurs ces dernières sont elles aussi, assez riches en azote, et comme elles sont d'après ce que nous venons de dire plus haut, moins aqueuses et plus résistantes, il y a un double motif pour conseiller leur utilisation concurremment avec les feuilles.

Quant aux matières minérales, les deux parties offrent sensiblement la même proportion.

Dans les différentes variétés, on ne trouve aucune relation entre la richesse en azote et la proportion des matières organiques, ainsi nous avons :

N° 1. Feuilles,	matières organiques	15.96 %	Richesse en azote.	Matière normale	0,559 %
2. —	—	12.52 %	—	—	0.595 %
N° 1. Tiges	—	22.26 %	—	—	0.500 %
4. —	—	14.44 %	—	—	0.548 %

La différence de richesse en matières azotées dépendrait donc exclusivement de la nature des matières organiques.

Dans le tableau n° 3, nous pouvons comparer les rendements et leur richesse en matières azotées.

Les plus forts rendements, qui sont de 22.037 kil. à 26.704 kil. (feuilles et tiges) à l'hectare, donnent en moyenne 795kil,336 de matières protéiques, ou 3.18 p. 100 matière normale).	26.704—815.546 26.074—911.274 22.037—659.189
Les plus faibles rendements, qui sont de 14.420 à 17.131 kil. (feuilles et tiges) à l'hectare, donnent en moyenne 513kil,628 de matières protéiques, ou 32.5 p. 100 (matière normale).	17.131—501.951 14.420—525.306

Si la richesse en azote pour 100 de matière normale, tiges et feuilles réunies, diffère peu suivant les variétés, il est important de constater que celles qui sont classées comme donnant la plus grande récolte sont les numéros 5 et 6 chou à mille têtes (chou branchu du Poitou), qui fournissent le plus de feuilles proportionnellement à leur tige.

Les deux dernières colonnes du tableau numéro III indiquent la quantité totale de matières protéïques fournies sur un hectare de terrain par chaque variété, et le classement qui en résulte.

Si nous examinons la quantité de substances nutritives totales produites par hectare d'après les rendements constatés, nous trouvons :

Extrêmes de 911kil,274 par hectare à	501.951
Moyenne des extrêmes.............	706.612
Moyenne générale..................	674.904

Ceci nous montre, fait de la plus haute importance, qu'il peut y avoir, en chiffres ronds, une différence presque du simple au double entre les quantités de matières nutritives totales produites sur un hectare, suivant la variété choisie. Les plus forts rendements ont été fournis par le chou à mille têtes et le chou branchu du Poitou.

En résumé, des faits rapportés dans ce mémoire nous pouvons conclure que :

1° Le chou fourrager est plus riche en matières azotées qu'on ne le pense généralement, par suite que le coefficient adopté pour représenter sa valeur nutritive est trop faible.

2° La quantité de matières nutritives totales fournies par la récolte d'un hectare est assez élevée puisqu'elle atteint jusqu'à 911kil,274 de matières protéiques. Les différentes variétés de choux cultivées dans les mêmes conditions donnent des rendements très variables de 26,704 kil. à 14,420 kilog. On peut dire que les rendements et la quantité de substances nutritives produites par hectare peuvent varier du simple au double; il y a donc lieu, de rechercher la variété la plus productive qui s'accomode du terrain qu'on cultive.

TRAVAUX PUBLIÉS A L'ÉTRANGER

Recherches sur les causes de l'épuisement du sol pour les betteraves

PAR LE PROFESSEUR Dr KUHN.

Journal de l'industrie sucrière de l'empire allemand. Février 1880.

Les cendres de betterave contiennent des quantités très variables de potasse et d'acide phosphorique. Emile Wolff, dans quatre-

vingt-dix-huit analyses, a trouvé, dans 100 de cendres calculées, en faisant abstraction de l'acide carbonique provenant des racines :

	Minimum.	Maximum.	Moyenne.
Potasse	39.78	78.11	55.11
Acide phosphorique	6.31	18.45	10.99

et dans 100 de cendres provenant des feuilles :

	Minimum.	Maximum.	Moyenne.
Potasse	12.62	39.96	28.48
Acide phosphorique	2.77	15.49	6.90

Cette grande quantité d'alcali, que depuis longtemps déjà on avait observée, avait fait supposer que la plante ne réussirait plus dans un sol où elle ne pourrait pas s'assimiler la potasse en abondance suffisante ; mais on remarqua bientôt que la betterave qui se gorge de potasse et d'acide phosphorique quand elle les trouve à sa disposition, réussit encore bien quand le sol les lui présente avec parcimonie ; une terre qui a perdu de sa richesse en potasse n'a pas, pour cela, perdu de sa faculté productive pour la betterave[1].

Hellriegel a fait l'analyse du sol et du sous-sol dans des champs produisant bien la betterave, et dans des champs épuisés pour cette culture, et il n'a trouvé que des différences insignifiantes dans leur richesse en potasse. L'auteur a fait faire dans son laboratoire un grand nombre de ces analyses comparatives, et c'est bien souvent les terres épuisées qui contenaient le plus de potasse soluble. Il est donc certain que ce n'est pas le manque de potasse qui rend la terre improductive pour la betterave ; on a vu les cultures les plus intensives avec betteraves, et pendant trente ans, conserver encore au sol tous ses principes fertilisants ; si la racine vient à succomber, ce n'est pas parce qu'elle ne trouve plus les aliments qui lui sont nécessaires : ces terres, qui ont toujours été abondamment fumées, sont pourvues de ces aliments ; d'autres plantes analogues à la betterave, la chicorée par exemple, y viendront encore très bien.

Les dosages de la potasse des terres épuisées et des terres encore bonnes pour la betterave ont été faits de deux manières différentes :

1. Il est à remarquer que ces conclusions sont tout à fait en désaccord avec ce qu'a observé M. Peligot, qui, dans un mémoire publié en 1875 dans les *Comptes rendus*, a reconnu qu'en augmetant la proportion de phosphates qu'un sol renfermait on augmentait l'abondance de la récolte ; mais que la plante soumise à son action ne renferme pas, à égalité de poids, plus d'acide phosphorique qu'une autre qui en a été privée.

on se servait, pour extraire la potasse, de l'acide chlorhydrique concentré ou bien de l'acide carbonique.

Quand c'était l'acide chlorhydrique, on mettait 30 grammes de terre desséchée avec 50 centimètres cubes de cet acide concentré; on laissait les matières en présence pendant 48 heures, à une température de 13° à 16°, et l'on agitait fréquemment.

Quand on employait l'eau chargée d'acide carbonique, 300 grammes de terre étaient mis en digestion avec 1 litre 1/2 de la dissolution acide; on agitait souvent. Après 48 heures, on décantait 1 litre 1/4 du liquide surnageant, pour le remplacer par une égale quantité d'eau chargée d'acide carbonique. Après 24 heures, on décantait de nouveau, après avoir répété cinq fois ces décantations de 1 litre 1/4 chacune, on filtrait, et on faisait le dosage de potasse dans les liquides concentrés au bain-marie.

Dans deux terres voisines, dont l'une produisait encore la betterave, tandis que l'autre était épuisée pour cette culture, on préleva des échantillons à des profondeurs variant de 30 centimètres à 30 centimètres. Le tableau suivant donne la potasse qu'on en a pu extraire en suivant les deux méthodes :

Potasse obtenue dans 100 000 parties de terre.

	Potasse extraite par ClH.		Potasse extraite par CO^2.	
Profondeur.	Terre non épuisée.	Terre épuisée.	Terre non épuisée.	Terre épuisée.
0m.00 à 0m.30	89	82	2.605	4.182
0m.30 à 0m.60	91	80	2.818	4.214
0m.60 à 0m.90	74	54	5.584	4.085
0m.90 à 1m.20	60	59	7.856	4.619

Ce tableau montre que l'acide chlorhydrique dissout un peu plus de potasse dans la terre non épuisée, tandis que inversement l'acide carbonique en dissout un peu moins.

Une série d'autres analyses donnent des résultats tout aussi peu tranchés pour les quantités de potasse enlevées par les dissolvants aux deux natures de terre.

Ces analyses démontrent bien que ce n'est pas au manque de potasse que l'on peut attribuer l'épuisement du sol.

Comme M. Dehérain l'avait observé en 1865, l'auteur a constaté, par de nombreux essais de fumures avec des sels de potasse, que cet élément minéral n'augmentait en rien le rendement en betterave sur les terres fertiles ou sur les terres épuisées.

La cause de l'épuisement de la terre pour la betterave n'est donc pas le manque de potasse. C'est à la trop grande augmentation des nématodes qu'il faut attribuer cette stérilité.

On rendra aux champs leur puissance productive pour la betterave en détruisant ces insectes.

L'auteur employa le feu pour effectuer leur destruction; une terre stérile depuis quinze ans put redevenir fertile; il suffisait de chauffer la terre dans des caissons jusqu'à 100°.

L'élévation de température a bien restitué sa fertilité au sol en tuant les nématodes, et non pas, comme on pourrait peut-être le penser, en mettant en liberté quelque principe assimilable. Pour s'en assurer, on chauffa de même des terres encore fertiles: l'opération ne changea pas leur degré de fertilité.

Le mélange de débris de betteraves déjà attaquées par les nématodes, avec une terre encore fertile, en fait descendre de 61 0/0 la productivité.

Une étude attentive des transformations que subissent les nématodes et leur parasite, le *Tarychium auxiliare*, a fait trouver à l'auteur un moyen pratique de combattre ces insectes.

Dans un prochain article, il parlera d'une plante dont la culture produira sûrement leur destruction.

De l'influence de la rapidité de l'imbibition sur la faculté germinative des graines

PAR M. JUST [1].

L'auteur a déjà fait voir que les graines, longtemps et bien desséchées, supportent une température de 120° sans perdre de leur faculté germinative, à condition que l'eau enlevée leur soit rendue lentement. Lorsqu'au contraire le plasma sec est subitement imbibé d'eau, il meurt, de même que les plantes gelées périssent quand elles dégèlent trop rapidement.

Pour réaliser une imbibition aussi rapide que possible, l'auteur perce un petit trou dans les grains de blé, opération qui diminue le taux des grains germés de 15 à 20 pour 100. Ainsi préparés, les grains sont séchés avec soin à une température de 30° à 40° sur l'acide sulfurique ou le chlorure de calcium. Une part des grains est

1. *Verhandl. der Bot. Section der* 52, *Versamml, deutscher Naturforscher zu Baden-Baden*, 1879. (*Bot. Zeitung.*, 1880, col. 143).

lentement humectée, tandis que l'autre est rapidement injectée d'eau à l'aide d'une machine pneumatique; de ces derniers, 10 à 15 pour 100 seulement ont germé.

De la sexualité

PAR M. HOFFMANN [1].

Les graines de plantes dioïques produisent plus de pieds mâles lorsqu'elles sont semées dru que lorsque les plantes sont plus espacées. On a semé des épinards d'une part dans des pots, d'autre part en pleine terre; chaque pot, de 16 centimètres de diamètre, reçut 100 graines. En pots, on obtint 100 plantes femelles sur 200 mâles, et en pleine terre, où la végétation était du reste plus vigoureuse, 100 femelles sur 100 mâles.

Cette observation pourrait être de quelque importance dans la pratique, notamment dans la culture du chanvre. Il est vrai que Haberlandt [2] ne croit pas qu'elle s'applique à cette plante textile.

Le sexe n'est pas encore fixé dans la graine [3].

Lorsque les graines du *Lychnis vespertina* ne sont pas arrivées à leur maturité complète, le nombre des pieds mâles est plus grand que lorsqu'elles sont tout à fait mûres.

En fécondant artificiellement, en été et en automne, les pistils de la mercuriale annuelle, on obtient le plus de mâles à la suite de la fécondation opérée au commencement de l'été.

M. PRANTL ajoute que les prothalles des fougères présentent le même phénomène; qu'ils produisent surtout des organes mâles (anthéridies) lorsqu'ils sont serrés, et surtout des archégones lorsqu'ils sont plus dégagés. Cultivés dans des solutions nourricières exemptes d'azote, ces mêmes prothalles ne donnent pas naissance aux organes femelles.

M. PFEFFER constate que les prothalles des prêles donnent surtout des mâles, lorsqu'ils sont trop peu arrosés.

1. *Verhandlungen der bot. Section der* 52. *Versamml, deutscher Naturforscher zu Baden-Baden*, 18-24 sept. 1879. (*Bot. Zeit.*, 1880, col. 137).
2. *Fühlings landw. Zeitung*, 1876, p. 821.
3. Contesté par Haberlandt.

Le Gérant G. MASSON.

PARIS. — IMPRIMERIE ÉMILE MARTINET, RUE MIGNON, 2

ÉTUDE D'ÉCONOMIE RURALE

LA QUESTION DU BLÉ

Par M. P.-C. DUBOST.

Professeur à l'école d'agriculture de Grignon

Durant les trois années comprises entre le 1er janvier 1878 et le 31 décembre 1880, il a été introduit en France la masse énorme de 70 millions d'hectolitres de blé étranger. C'est à peine si cette importation s'est un peu ralentie dans la première moitié de 1881, puisque nous avons encore reçu, durant les six premiers mois de l'année qui s'écoule, 6 853 000 quintaux métriques, ou bien près de 9 millions d'hectolitres. Ces importations ont-elles eu pour cause, non le besoin que nous aurions eu d'acheter, mais la nécessité où les Américains se seraient trouvés de vendre? Faut-il y voir un phénomène d'inondation désordonnée, dû à la rapide progression de la production du blé en Amérique, ou simplement un fait d'approvisionnement rendu nécessaire par l'insuffisance de nos dernières récoltes? Y a-t-il là une cause de perturbation profonde pour notre agriculture, sans grand profit pour la consommation nationale, ou un immense bienfait pour la masse des consommateurs, sans aucun péril pour notre agriculture?

Telles sont les questions que cette étude a pour but de résoudre.

Avant d'étudier les faits qui se passent sous nos yeux, afin d'en établir les véritables causes, nous croyons nécessaire de chercher tout d'abord comment les faits se sont passés dans les époques antérieures. Nous avons en main les documents statistiques publiés par l'administration depuis 1820 jusqu'à nos jours, sans autre lacune que l'année terrible 1870. Nous utiliserons ces documents pour chercher en premier lieu la loi du développement de la production, de la consommation et du prix du blé en France, jusques et y compris 1869. Nous étudierons ensuite plus utilement la période écoulée depuis la guerre, quand nous pourrons comparer la marche des faits contemporains à celle des faits qui ont précédé. Nous pensons que cette manière d'éclairer le présent par la lumière du passé

nous permettra de voir plus clair dans ces questions assurément très importantes, mais aussi très complexes et très discutées. Notre étude comprendra donc deux parties, ou, si l'on veut, deux chapitres : dans le premier, nous étudierons les faits de la période comprise entre 1820 et 1869 ; dans le second, nous examinerons les faits survenus depuis la néfaste guerre de 1870.

PREMIÈRE PARTIE. — DE 1820 A 1869.

§ 1er. — De la production du blé.

Voici par périodes, comprenant chacune cinq années, la marche suivie par la production du blé en France de 1820 à 1869. Tous ces nombres sont empruntés à la statistique officielle.

PÉRIODES QUINQUENNALES.	ANNÉES.	RÉCOLTES TOTALES DE LA PÉRIODE.	RÉCOLTE MOYENNE ANNUELLE.
		hectolitres.	hectolitres.
1re	1820-1824	273.889.627	54.777.925
2e	1825-1829	300.562.071	60.112.414
3e	1830-1834	317.355.085	63.471.017
4e	1835-1839	335.019.846	67.003.969
5e	1840-1844	379.763.688	75.952.738
6e	1845-1849	409.027.535	81.805.507
7e	1850-1854	420.941.715	84.188.343
8e	1855-1859	466.207.648	93.241.530
9e	1860-1864	504.037.948	100.807.590
10e	1865-1869	488.433.356	97.686.671

Sauf dans la dernière de ces périodes quinquennales, l'accroissement de la production a été constant ; mais il est loin, comme on le voit, d'avoir été uniforme.

Dans la première période, qui va de 1820 à 1824, et dont la moyenne annuelle a été de près de 55 millions d'hectolitres, on peut compter trois bonnes années : 1821, qui a dépassé 58 millions d'hectolitres ; 1823, qui a presque atteint 59 millions, et 1824, qui a donné près de 62 millions d'hectolitres. Par contre, 1822, qui n'a pas fourni 51 millions d'hectolitres, a été une année médiocre ; 1820 a été plus détestable encore et n'a guère fourni que 44 millions d'hectolitres.

Dans la seconde période, qui va de 1825 à 1829, les récoltes se sont peu écartées de la moyenne qui dépasse un peu 60 millions

d'hectolitres. La moins favorable est celle de 1827, qui n'a pas atteint 57 millions d'hectolitres; la plus abondante est celle de 1829, avec plus de 64 millions d'hectolitres.

La troisième période, qui comprend les années 1830 à 1834, nous offre trois récoltes ordinaires, c'est-à-dire s'écartant peu de la moyenne qui dépasse 63 millions d'hectolitres : ce sont les années 1830, 1833 et 1834. La récolte de 1831 fut très mauvaise et ne donna que 56 millions d'hectolitres. Celle de 1832, qui atteignit 80 millions d'hectolitres, fut, au contraire, d'une abondance exceptionnelle.

La quatrième période, de 1835 à 1839, a pour moyenne 67 millions d'hectolitres. Nous y trouvons deux années ordinaires, 1837 et 1838; deux années un peu inférieures, 1836 et 1839; enfin une bonne année, 1835, avec près de 72 millions d'hectolitres.

La cinquième période (1840-1844) nous présente une série de bonnes récoltes, dont la plus faible ne descend pas au-dessous de 71 millions d'hectolitres et dont deux, celles de 1840 et de 1844, montèrent, l'une à 81 millions d'hectolitres, l'autre à 82. Aussi est-ce l'une des périodes où la progression a été la plus rapide.

La sixième période, qui va de 1845 à 1849, s'ouvre d'abord par une récolte médiocre, immédiatement suivie d'une très mauvaise. L'année 1845 n'avait donné que 72 millions d'hectolitres, c'est-à-dire 4 millions d'hectolitres au-dessous de la moyenne annuelle de la période antérieure. La récolte de 1846 tomba au-dessous de 61 millions d'hectolitres et amena la dernière famine que nous ayons eue en France. Les trois années qui suivirent furent heureusement trois années d'abondance. En 1847 notamment, la récolte monta à près de 98 millions d'hectolitres, c'est-à-dire à un niveau qui n'avait pas encore été atteint dans le passé.

Dans la 7ᵉ période (1850-1854) il y eut d'abord trois années de bonne récolte moyenne, 1850, 1851 et 1852. La récolte de 1853, qui descendit au-dessous de 64 millions d'hectolitres, avec 22 millions de différence sur la moyenne des trois années antérieures, détermina une crise de subsistances, au milieu de laquelle fut décrétée la suspension de l'échelle mobile. L'année 1854 fut heureusement une année d'abondance (97 millions d'hectolitres), et, grâce à cette récolte fortunée, la moyenne annuelle de la période dépassa de plus de deux millions d'hectolitres celle de la période qui avait précédé.

La huitième période, de 1855 à 1859, nous offre une mauvaise récolte en 1855; deux récoltes médiocres, l'une en 1856, l'autre en 1859; enfin deux récoltes plantureuses, s'élevant l'une et l'autre à 110 millions d'hectolitres, en 1857 et 1858. Les trois premières années de la période ne furent qu'une longue crise de disette et de cherté; les deux dernières virent surgir une crise de pléthore et d'avilissement des cours. Toute compensation faite des bonnes et des mauvaises récoltes, la moyenne annuelle de la période s'éleva de plus de 9 millions d'hectolitres au-dessus de celle de la période antérieure et dépassa 93 millions d'hectolitres. C'est, de toutes les périodes quinquennales, comprises entre 1820 et 1869, celle dont la moyenne annuelle a le plus progressé.

La neuvième période, de 1860 à 1864, n'a qu'une mauvaise récolte, celle de 1861, avec 75 millions d'hectolitres. En 1860, la récolte avait dépassé 100 millions d'hectolitres, et en 1862 elle atteignit presque le même niveau. En 1863 et 1864, les récoltes urent successivement de 117 et de 111 millions d'hectolitres. Cette abondance exceptionnelle détermina la crise de pléthore et de bas prix, au cours de laquelle le gouvernement dut décréter l'enquête agricole. La moyenne annuelle de la période dépasse 100 millions d'hectolitres.

La dixième et dernière période (1865 à 1869) débuta par une récolte médiocre suivie de deux mauvaises consécutives. L'année 1865 n'avait donné que 95 millions d'hectolitres; 1866 et 1867 ne donnèrent, l'une que 85 millions d'hectolitres, l'autre que 83. L'encombrement du marché fut bien vite dissipé, et quand l'enquête agricole, ordonnée précédemment, commença de se faire dans l'automne de 1866, les cours étaient à la hausse : une nouvelle crise de disette allait succéder à la crise de pléthore de la période précédente. Cette crise fut heureusement enrayée par les récoltes de 1868 et de 1869, qui fournirent, l'une 117 millions d'hectolitres, l'autre 108 millions. Malgré l'influence de ces deux récoltes, la moyenne annuelle de la période fut au-dessous de celle de la période antérieure, de plus de 3 millions d'hectolitres.

Si cette dernière période, au lieu de reculer, avait progressé de la même façon que les neuf périodes antérieures, il est facile de voir, en comparant le point de départ et le point d'arrivée du demi-siècle écoulé entre 1820 et 1869, que la production totale du blé en France se serait accrue de 50 millions d'hectolitres en cinquante ans,

soit un million d'hectolitres par an. Ce coefficient d'accroissement annuel ressort d'ailleurs avec bien plus de netteté, quand on étudie la marche de la production par périodes décennales, comme nous le faisons dans le tableau suivant.

PÉRIODES DÉCENNALES.	ANNÉES.	RÉCOLTES TOTALES de la PÉRIODE DÉCENNALE.	RÉCOLTE MOYENNE ANNUELLE.
		hectolitres.	hectolitres.
1re	1820-1829	574.451.698	57.445.170
2e	1830-1839	652.374.531	65.237.453
3e	1840-1849	788.791.213	78.879.121
4e	1850-1859	887.149.363	88.714.936
5e	1860-1869	992.471.304	99.247.130

Cet accroissement annuel, que met en pleine lumière la comparaison des périodes décennales comprises entre 1820 et 1869, n'est pas exclusif, comme on l'a vu, de grandes variations dans le produit total de deux ou plusieurs récoltes successives. Il est même à remarquer que les limites de ces variations, au lieu de se resserrer avec les progrès de la culture et l'accroissement de la production, se sont étendues, au contraire, au fur et à mesure que la moyenne annuelle des récoltes devenait plus considérable. Comme il n'est pas douteux cependant que les crises de subsistances ont eu moins d'intensité dans les temps rapprochés de nous que dans les périodes éloignées, il faut bien en tirer la conclusion que cette atténuation progressive des effets de la disette provient exclusivement des facilités données au commerce, qui a pu approvisionner plus complètement et plus rapidement notre marché, même quand la récolte était la plus insuffisante.

Habituellement les années d'abondance alternent avec les années de déficit, et l'on voit rarement, dans le demi-siècle écoulé de 1820 à 1869, deux années consécutives de bonnes ou de mauvaises récoltes. Cette succession, quand elle s'est produite, n'a pas manqué d'amener des crises : crises de pléthore et de bas prix, quand deux récoltes consécutives avaient été abondantes; crises de disette et de cherté, quand la succession a porté sur deux récoltes mauvaises.

Nous avons signalé les principales de ces crises, et nous en étudierons les effets sur la consommation et sur les prix. Nous nous bornons pour le moment à en indiquer l'origine.

L'accroissement si considérable de production que nous venons de constater et dont on ne trouverait pas l'équivalent, nous le croyons du moins, chez aucun autre peuple de l'Europe, s'explique par deux causes : l'extension des superficies cultivées et l'augmentation du rendement moyen. On pourrait même dire que ces deux causes se confondent en une seule, le perfectionnement progressif de la culture. Nous chercherons néanmoins à faire la part spéciale d'influence exercée sur le résultat total par chacune de ces deux formes du progrès. C'est dans ce but que nous avons dressé le tableau suivant, qui contient les moyennes de superficies cultivées et de rendements obtenus dans chacune des périodes quinquennales comprises entre 1820 et 1869.

PÉRIODES.	ANNÉES.	SUPERFICIE MOYENNE des cultures DANS LA PÉRIODE.	RENDEMENT MOYEN annuel DE LA PÉRIODE.
		hectares.	hectolitres.
1re	1820-1824	4.800.000	11.41
2e	1825-1829	4.900.000	12.18
2e	1830-1834	5.150.000	12.27
4e	1835-1839	5.350.000	12.47
5e	1840-1844	5.600.000	13.52
6e	1845-1849	5.900.000	13.81
7e	1850-1854	6.100.000	13.73
8e	1855-1859	6.550.000	14.18
9e	1860-1864	6.750.000	14.70
10e	1865-1869	6.950.000	14.00

Il suffit de jeter un coup d'œil sur ce tableau pour voir que la cause principale de l'accroissement de notre production de blé est l'extension progressive et incessante de la superficie ensemencée. En effet, si l'on multipliait les 6 950 000 hectares de la dernière période par le rendement moyen de la première, qui est de 11^{h} 41, l'on obtiendrait le total de 79 millions d'hectolitres, supérieur de 24 millions d'hectolitres à la production moyenne de la première période et inférieur de 18 millions d'hectolitres seulement à la production moyenne de la dernière période. A la vérité, cette manière de calculer est un peu défectueuse, parce que la production moyenne de la dernière période n'a pas été tout à fait ce qu'elle

aurait dû être et ce qu'elle aurait été assurément, si les deux mauvaises récoltes consécutives de 1866 et de 1867 n'en avaient pas abaissé le niveau. Mais même en admettant que la moyenne annuelle de cette période se fût élevée à 100 millions d'hectolitres, ce qui serait arrivé si le rendement moyen s'était maintenu à 14 hectolitres et demi, au lieu de descendre à 14 hectolitres, la plus forte part de la différence entre la production de la première période et celle de la dernière n'en devrait pas moins être attribuée à l'extension des cultures. Tout compte fait, si l'on peut estimer, comme nous croyons l'avoir établi, à un million d'hectolitres l'accroissement annuel de notre production de blé, il semble juste d'attribuer 55 p. 100 de cet accroissement à l'extension des surfaces ensemencées et seulement 45 p. 100 à l'augmentation du rendement moyen annuel.

Nous ne sommes pas de ceux qui considèrent l'extension de la surface ensemencée en blé comme faisant moins d'honneur à notre agriculture que l'élévation du rendement moyen. Nous croyons qu'il est aussi digne d'éloges de défricher de nouvelles terres ou même de convertir des terres à seigle en terres à blé, que d'élever le rendement moyen des terres qui sont depuis longtemps cultivées en blé. De part et d'autre, il y a des améliorations à entreprendre, des travaux à exécuter, et, ce qui est le point essentiel, le résultat est le même, l'accroissement de la richesse générale. Parmi ces deux manières d'opérer, le cultivateur choisit naturellement, et avec toute raison, celle qui lui offre plus d'avantages. Il n'y a pas à l'en blâmer, et nous devons faire bon accueil au progrès, d'où qu'il vienne, et surtout, comme c'est ici le cas, quand il vient des deux côtés à la fois.

Il faut bien convenir d'ailleurs que l'élévation du rendement moyen n'est pas, à beaucoup près, le procédé le plus sûr dont dispose l'agriculture pour accroître la masse de ses récoltes. Elle se heurte, sur ce point, à des obstacles qu'il n'est pas toujours en son pouvoir de dominer. Tant que la récolte n'est pas engrangée, on peut dire que le cultivateur peut être déçu dans ses espérances par l'une de ces calamités auxquelles l'agriculture est particulièrement exposée. Il faut un temps propice pour préparer les terres et faire les semailles. Les oiseaux, les insectes, les limaces peuvent détruire la semence ou ravager le jeune plant. Les gelées de l'hiver, sans le manteau protecteur de la neige, les pluies du printemps, les séche-

resses de l'été, la grêle et les orages : autant de calamités qui menacent la récolte et peuvent la compromettre. Même quand l'épi est abattu, il faut un concours de circonstances favorables pour le rentrer et pour empêcher le grain de germer sur place. Quand survient un de ces nombreux fléaux auxquels la récolte est exposée, le rendement sur lequel le cultivateur croyait pouvoir compter, pour lequel il avait fait bien des sacrifices en travaux et en fumures, subit une notable réduction. Rien n'avait manqué, de la part du cultivateur, pour obtenir 16 à 17 hectolitres par hectare, et, par l'effet d'un accident météorologique, le rendement tombe à 12 hectolitres, parfois même encore plus bas. De là des différences annuelles qui sont souvent très considérables et dans la moyenne du rendement et dans le total de la production.

Ces différences annuelles sont déjà très atténuées dans le rendement moyen des périodes quinquennales, tel qu'il est établi plus haut : cependant leur action s'observe encore, principalement dans la moyenne de la dixième période. On éliminerait presque entièrement l'effet de ces accidents, si l'on calculait la moyenne du rendement annuel non par périodes quinquennales, mais par périodes décennales. La raison en est que, dans une période de plus longue durée, les bonnes et les mauvaises années se compensent plus exactement, et la marche générale des faits se dégage avec plus de netteté des variations accidentelles que peut présenter la récolte. Aussi allons-nous faire pour le rendement ce que nous avons déjà fait pour la production, en prenant pour base des moyennes une durée de dix ans.

Voici donc quelles sont les moyennes du rendement moyen par périodes décennales :

PÉRIODES DÉCENNALES.	ANNÉES.	RENDEMENT MOYEN.
		hectolitres.
1re	1820-1829	11.80
2e	1830-1839	12.37
3e	1840-1849	13.63
4e	1850-1859	13.96
5e	1860-1869	14.37

Malgré toutes les incertitudes qui pèsent sur les récoltes par la vicissitude des saisons, en dépit des obstacles qu'elle rencontre et des déceptions qu'elle éprouve, l'agriculture nationale n'en poursuit pas moins avec énergie et avec succès l'accroissement de sa production par l'élévation du rendement.

§ 2. — Consommation du blé.

Voici la méthode que nous allons suivre pour étudier la marche de la consommation du blé en France, dans l'intervalle compris entre 1820 et 1869.

Une partie de la récolte de chaque année échappe à la consommation humaine pour jouer le rôle de semences. On en estimait autrefois la quantité à 2 hectolitres 30 par hectare ensemencé. L'usage du semoir, qui économise notablement la semence, s'étant répandu de plus en plus, on peut admettre que les ensemencements actuels n'exigent pas 2 hectolitres par hectare. Connaissant la moyenne des surfaces ensemencées dans chaque période, il est facile de calculer, sinon avec une rigoureuse exactitude, du moins avec une approximation suffisante, la part prélevée sur la récolte de chaque année pour être affectée aux semences, et de savoir, par conséquent, ce qui reste disponible pour la consommation humaine après ce prélèvement.

La production de l'année, défalcation faite des semences, voilà donc le principal élément de la consommation.

Il faut y ajouter les entrées de grains étrangers, quand, notre récolte ayant été mauvaise, la production n'a pu satisfaire aux besoins de la consommation; il faut en retrancher nos exportations de blés et de farines, quand, par le fait d'une abondance excessive de nos récoltes, nous avons dû porter au dehors le trop-plein de nos greniers. Si la production est capricieuse et irrégulière, il n'en est pas tout à fait de même pour la consommation : il lui faut, ou à peu près, son contingent, malgré le déficit de la récolte, parce qu'on se résigne difficilement à la privation du pain de blé, quand une fois l'on a contracté l'habitude de s'en nourrir; l'abondance même ne surexcite la consommation que dans une mesure limitée, parce qn'on ne délaisse les grains inférieurs, pour donner la préférence au blé, que quand on a acquis un degré d'aisance qui mette à l'abri de tout retour vers le pain de seigle. Il faut bien, dès lors,

suppléer au déficit intérieur par l'importation d'un supplément de grains étrangers, quand la récolte a été mauvaise, et porter au dehors le surplus de notre récolte, quand la consommation intérieure ne suffit pas à l'absorber entièrement.

Ce jeu du commerce, qui tantôt verse sur notre marché les grains qui nous manquent, tantôt porte au dehors l'excédent de nos récoltes, est le correctif naturel des irrégularités de la production. C'est grâce au mouvement des importations et des exportations que l'approvisionnement de notre marché tend à devenir de plus en plus régulier, malgré les variations de nos récoltes.

Telle est donc la formule que nous emploierons pour déterminer la consommation du blé en France. Nons défalquerons de la production annuelle la quotité nécessaire aux semences; nous ajouterons au nombre obtenu l'excédent des importations de grains et de farines, quand les importations auront prédominé; nous en retrancherons l'excédent des exportations, quand les exportations auront eu le dessus.

Voici le tableau, dressé sur ces bases, qui résume par périodes quinquennales, la marche de notre approvisionnement moyen annuel de 1820 à 1869.

PÉRIODES QUINQUENNALES.	ANNÉES.	RÉCOLTE NETTE après défalcation DES SEMENCES.	EXCÉDENT MOYEN annuel DES IMPORTATIONS	EXCÉDENT MOYEN annuel DES EXPORTATIONS.	APPROVISIONNEMENT MOYEN ANNUEL.
			hectolitres.	hectolitres.	hectolitres.
1re	1820-1824	43.738.000	28.000		43.766.000
2e	1825-1829	48.842.000	394.000		49.236.000
3e	1830-1834	51.626.000	1.396.000		53.022.000
4e	1835-1839	54.699.000		156.000	54.543.000
5e	1840-1844	63.073.000	1.225.000		64.298.000
6e	1845-1849	68.235.000	2.223.000		70.468.000
7e	1850-1854	70.158.000		553.000	69.605.000
8e	1855-1859	78.832.000	789.000		79.621.000
9e	1860-1864	86.633.000	2.745.000		89.378.000
10e	1865-1869	83.687.000	1.970.000		85.657.000

Pour établir les nombres qui expriment la production nette d'une année moyenne de chaque période, nous avons calculé les semences à 2 hectolitres 30 par hectare, pendant les sept premières périodes;

à 2 hectolitres 20 pendant la huitième; à 2 hectolitres 10 pendant la neuvième; enfin à 2 hectolitres pendant la dixième. Nous pensons avoir ainsi tenu compte de la diminution proportionnelle des semences en raison du développement progressif de l'usage du semoir. Mais la statistique ne nous fournit pas d'indication à ce sujet, et nous reconnaissons que cette partie de notre tableau, uniquement fondée sur des observations qui nous sont personnelles, peut prêter matière à contestation. Il n'en est pas de même des colonnes relatives aux excédents d'importations ou d'exportations, dont les éléments sont empruntés aux tableaux officiels de la douane. Nous nous sommes borné, pour simplifier les calculs, à omettre les fractions de mille.

Je dois faire observer d'ailleurs qu'il ne faudrait pas juger de l'importance de notre commerce extérieur de grains et de farines par les nombres contenus dans ce tableau. Il n'y a ici que des différences, ou, si l'on veut, des excédents, soit d'importations sur les exportations, soit d'exportations sur les importations. Mais les nombres qui expriment ces différences masquent parfois un mouvement commercial très considérable. C'est ainsi que dans la huitième de nos périodes quinquennales (1855-1859) les importations totales se sont élevées à 19.690.000 hectolitres, et les exportations totales à 15.747.000, soit une différence de 3.944.000 hectolitres pour la période entière, ce qui constitue bien, comme nous l'avons noté, un excédent moyen annuel de 789.000 hectolitres à l'importation. Il en est plus ou moins de même pour toutes les autres périodes.

Nous avons donné le titre d'approvisionnement, et non de consommation, aux nombres insérés dans la dernière colonne de notre tableau. C'est qu'en effet, avec des périodes de courte durée, comme celles que nous avons choisies, les nombres de cette colonne représentent bien plutôt l'ensemble des grains mis à la disposition des consommateurs, pendant une année moyenne de cette période, que les grains réellement consommés dans cette année. La raison en est dans les différences de réserves ou de stock qui peuvent exister sur notre marché intérieur entre le 1er janvier de l'année qui ouvre la période et le 31 décembre de l'année qui la clôt. Quand une période s'ouvre au moment où le marché est encombré de réserves et se ferme au moment où le marché est beaucoup moins approvisionné, la consommation réelle n'a pas seulement porté sur

la production nationale et l'importation étrangère afférentes à la période, elle a porté aussi sur les réserves du commencement de la période, qui ont disparu à la fin. C'est le cas qui s'est présenté pour la septième et la dixième périodes, qui se sont ouvertes, l'une et l'autre, en pleine crise de pléthore et se sont fermées, la septième en pleine crise de subsistances, la dixième avec une réserve qui était loin d'égaler celle du commencement de la période.

Pour atténuer ces différences, il suffirait d'allonger la durée des périodes. Dans ce cas, les différences de stock entre le commencement et la fin de chaque périodes, portant sur un plus grand nombre d'années, deviendraient négligeables, parce qu'elles affecteraient très peu la moyenne. L'approvisionnement pourrait alors être considéré comme l'équivalent de la consommation réelle.

Voici donc, par périodes décennales, le mouvement de l'approvisionnement ou de la consommation, de 1820 à 1869.

PÉRIODES DECENNALES.	ANNÉES.	PRODUCTION nette moyenne après défalcation DES SEMENCES.	EXCÉDENT moyen annuel DES IMPORTATIONS.	CONSOMMATION.
		hectolitres.	hectolitres.	hectolitres.
1re	1820-1829	46.290.000	211.000	46.501.000
2e	1830-1839	53.162.000	640.000	53.802.000
3e	1840-1849	65.654.000	1.729.000	67.383.000
4e	1850-1859	74.495.000	118.000	74.613.000
5e	1860-1869	85.160.000	2.357.000	87.517.000

Nous allons rechercher maintenant à quelle ration journalière de pain correspond la consommation dont nous avons établi l'importance à chacune des périodes décennales comprises entre 1820 et 1869. Nous établirons ainsi dans quelle mesure s'est amélioré le régime alimentaire de notre population, et nous essayerons de rechercher quels progrès désirables restaient encore à accomplir sur ce point à la fin de ce demi-siècle écoulé.

Disons d'abord à quelle provision individuelle de blé correspondait, à chacune de ces périodes, la masse totale des ressources disponibles pour la consommation.

Les recensements de la population se font régulièrement chez

nous, comme on sait, tous les cinq ans, depuis 1821. Aucun de ces recensements, qui se font dans les années 1 et 6, ne coïncide exactement avec le milieu de chacune de nos périodes décennales, et ne peut, dès lors, être considéré comme exprimant la population moyenne de cette période. Cependant l'un s'en rapproche beaucoup plus que l'autre, c'est celui qui a eu lieu en 1826, en 1836, en 1846, etc. La population indiquée par ces recensements est un peu au-dessus de la moyenne; par conséquent la provision individuelle de blé, qui résulte de la moyenne annuelle des ressources divisée par la population moyenne de la période, sera un peu faible. Mais la différence est sans grande importance, et l'erreur qui en résulte nous paraît d'autant plus négligeable, qu'elle se répètera, et à peu près dans les mêmes proportions, pour chacune de nos périodes décennales. Pour établir le contingent individuel de nos ressources en blé, à diverses époques, nous avons donc divisé la moyenne annuelle de l'approvisionnement ou de la consommation par la population du second recensement de chacune de nos périodes décennales. Voici les résultats que nous donne l'opération :

PÉRIODES DÉCENNALES.	ANNÉES.	POPULATION du second recensement DE LA PÉRIODE.	CONSOMMATION moyenne DE LA PÉRIODE.	PROVISION PAR TÊTE.
			hectolitres.	litres.
1re	1820-1829	31.858.973	46.501.000	146
2e	1830-1839	33.540.912	53.802.000	160
3e	1840-1849	35.400.486	67.383.000	190
4e	1850-1859	36.039.364	74.613.000	207
5e	1860-1869	38.067.064	87.517.000	229

Il résulte de ce tableau que, dans l'espace de 40 années (1825 à 1865), la provision de blé disponible pour la consommation a augmenté de 83 litres par tête, soit très sensiblement 2 litres par année. Par conséquent le million d'hectolitres dont s'est accrue annuellement notre production, après avoir pourvu à la subsistance des têtes qui sont venues s'ajouter à la population pour en grossir le nombre, a pu laisser encore, grâce à un petit supplément d'importation, un excédent de deux litres de blé par chaque consommateur.

Pour déterminer le poids de la ration journalière de pain qui correspond à la provision individuelle dans les diverses périodes, nous admettons, suivant l'opinion généralement reçue, que l'hectolitre de blé pèse 75 kilogrammes et donne identiquement, après conversion en farine, le même poids de pain. En calculant sur ces bases la ration journalière de pain, nous obtenons, pour chacune de nos périodes décennales, les résultats contenus dans le tableau suivant:

PÉRIODES DÉCENNALES.	ANNÉES.	PROVISION de blé. PAR TÊTE.	RATION JOURNALIÈRE de pain.
		kilogrammes.	grammes.
1er	1820-1829	109.50	300
2e	1830-1839	120.00	329
3e	1840-1849	142.50	390
4e	1850-1859	155.25	425
5e	1860-1869	171.75	470

Pour savoir dans quelle mesure cette provision de blé par an et cette ration de pain par jour sont insuffisantes, il est nécessaire de donner quelques notions sur la consommation du pain.

La question est très complexe, non seulement parce que la quantité de pain consommée varie avec l'âge, avec le sexe, avec les occupations, elle varie surtout avec la qualité et la quantité des autres aliments qui entrent, conjointement avec le pain, dans la nourriture de la population. D'une manière générale, l'homme mange plus de pain que la femme; l'adulte plus que le vieillard et l'enfant; celui qui travaille des bras plus que celui qui travaille du cerveau; celui qui a peu de viande à consommer mange surtout beaucoup plus de pain que celui dont la table est abondamment fournie d'aliments d'origine animale. Il y a, sous ces divers rapports, des différences qui sont énormes, et dont on se rendra mieux compte par les faits que je vais citer.

La consommation moyenne du Parisien est de 420 grammes environ de pain par jour. Mais c'est là une consommation fort au-dessous de la consommation moyenne du Français, non seulement parce que le Parisien déployant moins de forces corporelles que l'habitant de toute autre portion de notre territoire, n'a pas besoin

d'une nourriture aussi abondante, mais surtout parce qu'il consomme des aliments d'origine animale en beaucoup plus grande quantité. Outre sa ration de pain, il dispose d'une ration de viande de 250 grammes, non compris le poisson, le beurre, le fromage et les légumes si variés qui entrent dans son alimentation. Il est bien entendu que cette ration est une moyenne qui s'applique, non spécialement au Parisien adulte et valide, mais à la population toute entière, hommes, femmes, enfants, vieillards compris. Même à Paris la consommation du pain est fort inégale. Il y a des Parisiens dans la force de l'âge pour lesquels le pain n'est en quelque sorte qu'un aliment accessoire : ce sont tous ceux qui, ne s'exerçant pas à des travaux manuels, consomment, avec leur pain, de 500 à 600 grammes de viande par jour. Par contre, l'ouvrier, qui déploie beaucoup de forces et qui consomme de la viande en petite quantité, a besoin d'une ration quotidienne de pain qui peut aller jusqu'à un kilogramme et demi.

A Grignon, la consommation moyenne des personnes nourries par l'Économat est de 600 grammes de pain et de 500 grammes de viande par jour. Il faut y ajouter du laitage et une assez forte portion de légumes.

On sait que la ration de pain du soldat est de plus d'un kilog. de pain par jour avec 300 grammes de viande.

Le plus fort consommateur de pain est sans contredit l'habitant des campagnes, parce que la viande n'entre généralement dans sa nourriture que pour une part très minime. Même quand l'ouvrier des champs a de la viande à discrétion, sa ration de pain est encore très forte. Un cultivateur du Pas-de-Calais me disait récemment que ses domestiques de ferme, hommes et femmes, consommaient sensiblement près d'un kilogramme et demi de pain par jour et par tête, avec de la viande à tous les repas.

Avec des différences qui prennent de telles proportions et qui tiennent à tant de causes, il est difficile, on le comprendra sans peine, de se faire une idée exacte de la ration journalière de pain qui est nécessaire à la consommation moyenne d'un Français dans le temps où nous vivons, c'est-à-dire en tenant compte des aliments d'origine animale dont nous pouvons disposer. Nous croyons cependant ne pas nous écarter trop de la vérité en portant à 700 grammes la ration moyenne de pain de froment qui est nécessaire à chacun de nous. Voici sur quoi notre opinion se fonde.

Le Parisien, avons-nous dit, consomme par jour 420 grammes de pain et 250 grammes de viande, non compris les œufs, le fromage, le beurre et le poisson dont il est plus abondamment pourvu que l'habitant de toute autre partie de notre territoire. En poids, cela fait 670 grammes contenant 83 grammes de matières protéiques. La consommation moyenne d'un Français étant au plus de 100 grammes de viande par jour (les estimations les plus élevées portent notre provision de viande à 34 kilog. par tête de population), il faudrait un poids de 900 grammes de pain pour lui assurer, sous ces deux formes, le même poids de matières protéiques qu'au Parisien. Or, si l'on tient compte que le Parisien joint à sa ration de pain et de viande un supplément d'aliments azotés qui n'est pas sans importance, on ne sera pas porté, je l'espère, à trouver exagérée la ration journalière de 700 grammes de pain par tête de population. Je suis bien plutôt au-dessous qu'au-dessus de la vérité.

Une ration de 700 grammes de pain par jour, cela représente 255 kilogs et demi de blé par an, c'est-à-dire 340 litres. A ce compte, il eût fallu, pour assurer cette ration de pain à toute la population, une masse disponible de 108 millions d'hectolitres de blé, dans la période comprise entre 1820 et 1829, et de 128 millions d'hectolitres dans la période de 1860 à 1869. Voici, du reste, un tableau qui donne, par périodes décennales, le déficit de la production et de l'importation réunies sur les ressources nécessaires pour assurer à tous la consommation que nous considérons comme normale, ainsi que le nombre des habitants qui n'ont pu manger du pain de blé, parce qu'il n'y en avait plus, après prélèvement de ce qui était nécessaire aux besoins des plus favorisés.

PÉRIODES DÉCENNALES.	ANNÉES.	CONSOMMATION normale à raison de 340 litres PAR TÊTE.	DÉFICIT.	POPULATION privée DE BLÉ.
		hectolitres.	hectolitres.	
1er	1820-1829	108.320.000	61.819.000	18.182.000
2e	1830-1839	114.039.000	60.237.000	17.737.000
3e	1840-1849	120.361.000	52.978.000	15.581.000
4e	1850-1859	122.524.000	47.911.000	14.091.000
5e	1860-1869	128.428.009	40.921.000	12.035.000

Il résulte de ce tableau que, dans la période décennale de 1820 à 1829, nos ressources en blé ne suffisaient même pas à alimenter normalement 14 millions de Français et que plus de 18 millions étaient privés de cet aliment; que, dans la période de 1830 à 1839, la ration normale de 15 millions et demi d'habitants était assurée, mais que le nombre de ceux qui n'avaient pas de pain de blé à consommer était encore de près de 18 millions; que, dans la période de 1840 à 1849, 20 millions environ de Français avaient leur ration complète de pain de blé, mais que 15 millions et demi en étaient dépourvus; que, dans la période de 1850 à 1859, le nombre de ceux qui avaient leur provision normale assurée montait à 22 millions, mais qu'il en restait 14 millions à pourvoir; enfin que, dans la période de 1860 à 1869, la masse de nos ressources pouvait suffire aux besoins de 26 millions de nos concitoyens, mais que 12 millions ne pouvaient y prendre aucune part.

Ce sont les grains inférieurs, les légumes secs, les châtaignes et les pommes de terre qui suppléaient au déficit de la production du blé. Parmi ces grains inférieurs figuraient en première ligne le méteil et le seigle qui fournissaient un contingent, l'un de 8 à 10 millions d'hectolitres, l'autre de 20 à 22. Le sarrasin, le maïs et le millet pouvaient fournir à la consommation 8 à 10 millions d'hectolitres. L'orge et l'avoine servaient même à faire du pain. Enfin les châtaignes et surtout les pommes de terre aidaient à compléter une ration qui, dans tous les cas, restait fort insuffisante. La population, mal nourrie, était peu active parce qu'elle était incapable de déployer une grande somme de forces. C'est un fait d'observation devenu banal que la force et l'activité de la population ont considérablement grandi avec l'amélioration du régime alimentaire.

La masse du blé et des autres aliments se répartissait d'une façon très inégale sur les divers points de notre territoire. Les habitants des villes consommaient, sinon la totalité, du moins la plus grande partie du blé disponible; les habitants aisés des campagnes avaient pour eux le méteil et le seigle; les autres, principalement dans les campagnes reculées, se rejetaient sur le maïs, le sarrasin, l'orge, l'avoine, ainsi que sur les pommes de terre et les châtaignes. La pomme de terre jouait alors dans la consommation des campagnes un rôle bien autrement considérable que de nos jours. On l'asssociait principalement aux céréales de qualité inférieure pour en faire du

pain. Mathieu de Dombasle a raconté dans les « Annales de Roville » les essais qu'il fit lui-même, sous la Restauration, pour panifier la pomme de terre. La cherté relative du blé et des autres grains, quand la récolte avait été médiocre, était la cause par laquelle il justifiait ces essais, qui d'ailleurs restèrent infructueux. Quand la cherté avait disparu, il ne faisait plus entrer que des céréales dans la fabrication du pain de sa ferme.

Après un demi-siècle d'efforts, la situation, en ce qui concerne le régime alimentaire en France, s'était fort améliorée. Non seulement une plus forte proportion de la population avait pu s'élever jusqu'au pain de blé, mais les autres céréales étaient elles-mèmes devenues plus abondantes ; en sorte que les moins nutritives ou les moins agréables à consommer sous la forme de pain, comme l'orge et l'avoine, passaient de plus en plus de la consommation de l'homme à celle des animaux. Le maïs, le sarrasin et les châtaignes faisaient encore le fond de la nourriture dans certaines parties reculées de notre territoire, mais seulement pendant une partie de l'année. On y associait du pain de céréales, méteil ou seigle, dans la saison des durs travaux.

Il est donc incontestable que de sérieux progrès avaient été accomplis durant ce laps d'un demi-siècle. Il ne l'est pas moins qu'il en restait bien d'autres à accomplir, puisque 12 millions de nos concitoyens, un peu moins du tiers de notre population totale, étaient dépourvus de la provision de blé qui leur était nécessaire, et n'avaient, pour y suppléer, que des aliments de qualité inférieure.

§ 3. — Les prix du blé.

Les documents publiés par le ministère de l'agriculture et du commerce nous fournissent deux séries de prix annuels : la série des prix de l'année civile qui commence au 1er janvier et se termine au 31 décembre, et la série des prix de l'année agricole qui commence au 1er août pour finir au 31 juillet suivant. Voici le prix moyen du blé par périodes décennales, de 1820 à 1869, calculé d'après les données de ces deux séries, en faisant observer que la seconde commence sept mois après la première et se termine aussi sept mois plus tard.

PÉRIODES DÉCENNALES.	ANNÉES CIVILES.	PRIX MOYEN DÉCENNAL.	ANNÉES AGRICOLES.		PRIX moyen DÉCENNAL.
		francs.			francs.
1re	1820-1829	18.10	1820-1821	1829-1830	18.30
2e	1830-1839	19.09	1830-1831	1839-1840	19.16
3e	1840-1849	20.49	1840-1841	1849-1850	19.92
4e	1850-1859	21.51	1850-1851	1859-1860	21.82
5e	1860-1869	21.46	1860-1861	1869-1870	21.51

Il est impossible de mettre en doute l'augmentation du prix du blé en France de 1820 à 1869. Cette augmentation, quand on calcule le prix comme nous l'avons fait, par périodes décennales, semble même assez régulière, sauf pendant la quatrième période de chacune des séries, où la moyenne, influencée par les prix très élevés de la crise de disette qui dura de 1853 à 1857, est un peu au-dessus de la moyenne décennale suivante, qui fut elle-même influencée en sens contraire par les bas prix de la crise agricole. De même que nous aurions fait disparaître cette irrégularité en portant à quinze ans la durée de nos périodes, de même nous en aurions constaté un plus grand nombre et sur une échelle plus étendue, si nous avions fait porter nos calculs de moyennes sur des périodes de cinq années seulement. La raison en est que si la production est variable, comme nous l'avons établi, dans d'assez grandes limites, entre deux ou plusieurs années consécutives, les prix le sont encore bien plus, ou plutôt, l'étaient encore bien plus dans le demi-siècle écoulé de 1820 à 1869. Les détails qui vont suivre ne feront que mettre cette vérité en pleine évidence.

Les prix annuels qui ont servi de base à nos moyennes décennales sont eux-mêmes des prix moyens généraux s'appliquant à notre territoire tout entier. Voici d'abord quelques-unes des variations, dans l'ordre du temps, que présentent ces prix moyens généraux annuels.

Dans la première période décennale, qui comprend les années 1820 à 1829, le plus haut prix annuel est de 22 fr. 59, c'est celui de 1829; le plus faible, celui de 1822, est de 15 fr. 49. Le prix moyen de la période, soit 18 fr. 10, étant choisi comme terme de

comparaison, l'écart entre les prix de 1822 et de 1829 est de 39 p. cent, 15 p. cent au-dessous de la moyenne, 24 p. cent au-dessus. Les prix extrêmes des années agricoles nous auraient donné sensiblement le même écart : 22 fr. 59 au maximum, 15 fr. 49 au minimum.

Dans la période décennale comprise entre 1830 et 1839, le prix annuel le plus élevé est celui de 1830, il est de 22 fr. 39; le plus faible, 15 fr. 29, appartient aux deux années 1834 et 1835. Le prix moyen de la période étant de 19 fr. 09, le plus grand écart de la période est de 37 p. cent dont 20 p. cent au-dessous de la moyenne, et 17 p. cent au-dessus. En faisant porter le calcul sur les prix extrêmes des années agricoles (23 fr. 25 et 15 fr. 43), le résultat n'eût pas été modifié d'une manière sensible.

La troisième période décennale, qui va de 1840 à 1849, a été marquée par la dernière famine véritable que nous ayons eue en France. Le prix moyen annuel de 1847, le plus élevé de la période, reste néanmoins à 29 fr. 01, et nous en étudierons les éléments plus tard. Deux ans après, en 1849, le prix moyen général descend à 15 fr. 37. Les limites d'écart entre ces deux années extrêmes, soit 13 fr. 64, représentent 66 p. cent du prix moyen décennal qui est de 20 fr. 49. Les deux années agricoles dont les prix offrent le plus d'écart sont : 1846-47, avec le prix de 30 fr. 77, et 1849-50 avec le prix de 14 fr. 47. L'écart est ici de 16 fr. 30, représentant 82 p. cent du prix moyen décennal de la série des années agricoles.

Dans la quatrième période (1850 à 1859), on compte deux crises de pléthore de deux années chacune, et une longue crise de disette qui a duré presque quatre ans sans interruption, d'octobre 1853 à juin 1857. Le prix moyen annuel le plus élevé s'observe en 1856, il est de 30 fr. 75; le plus faible descend à 14 fr. 32, c'est celui de 1850. L'écart entre ces deux extrêmes est de 16 fr. 43, soit près de 80 p. 100 du prix moyen de la période décennale. L'écart entre les prix extrêmes des années agricoles est de 17 fr. 10.

Enfin la cinquième période nous offre, comme prix extrêmes, 26 fr. 75 en 1868 et 16 fr. 41 en 1865, soit un écart de 10 fr. 34 représentant 48 p. 100 du prix moyen de la période, qui est de 21 fr. 45. Le prix le plus élevé des années agricoles est de 28 fr. 90; le plus faible est de 16 fr. 50.

Voilà donc des écarts qui sont déjà très considérables entre les prix extrêmes des diverses périodes. D'une année à l'autre, le prix

moyen général du blé pouvait varier dans le rapport de 1 à plus de 2. Mais ces prix moyens généraux sont eux-mêmes des moyennes qui s'appliquent à l'ensemble de nos départements, et les prix ne se comportaient pas de la même façon sur tous les points de notre territoire.

Pour avoir une idée de ces variations dans l'ordre de l'espace, nous allons passer en revue les éléments de quelques-uns de ces prix annuels. Prenons d'abord l'année 1822, celle dont le prix moyen a été, comme nous l'avons déjà dit, de 15 fr. 49. Voici quelques-uns des prix extrêmes dont cette moyenne est formée. Le prix moyen du blé, en 1822, a été, pour la Moselle, de 10 fr. 61; pour la Meuse, de 10 fr. 82; pour la Nièvre, de 11 fr. 54; pour le Cher, de 11 fr. 79; pour la Marne, de 11 fr. 83; pour l'Indre, de 12 fr. 05; pour la Haute-Marne, de 12 fr. 07; pour la Meurthe, de 12 fr. 83; pour les Ardennes, de 13 fr. 33, etc. Par contre, nous trouvons des prix de 22 et même de 24 francs dans les Bouches-du-Rhône, l'Hérault, le Gard, le Var et les Pyrénées-Orientales.

Ce n'est pas tout, ces prix moyens de département sont eux-mêmes des moyennes dont les variations mensuelles ont trouvé place dans les documents publiés par l'administration. Nous y trouvons, par exemple, qu'en mai et juin 1822, le blé tombait au-dessous de 9 francs l'hectolitre dans la Moselle, tandis qu'il dépassait, aux mêmes époques, 25 francs dans le Gard et 26 francs dans les Pyrénées Orientales. Ainsi, dans une année d'abondance et de bas prix moyen, le blé se vendait trois fois plus cher à Nîmes et à Perpignan qu'à Metz.

Recherchons maintenant comment se comportaient les prix en temps de disette, et, dans ce but, étudions les éléments du prix moyen de 1847, que nous avons dit être de 29 fr. 01. Les prix moyens départementaux les plus élevés sont entre 33 et 34 francs, et parmi les trois départements dont le prix moyen de l'année atteint ce niveau, figure l'Indre dont le prix moyen n'avait été que de 12 fr. 05 en 1822. Tous les départements qui, conjointement avec l'Indre, avaient eu des prix très faibles en 1822, eurent, en 1847, des prix au-dessus de la moyenne générale : la Moselle, 30 fr. 22; la Meuse, 29 fr. 52; la Nièvre, 30 fr. 90; le Cher, 31 fr. 47; la Marne, 30 fr. 18; la Meurthe, 31 fr. 71; etc... Au contraire, les prix furent au-dessous de la moyenne générale de l'année dans le Gard et dans les Pyrénées-Orientales. Dans ce dernier département

le prix moyen ne fut que de 24 fr. 41 : c'est l'un des cinq départements où le prix moyen de l'année reste au dessous de 25 francs. La période la plus aiguë de la crise eut lieu à Perpignan, au mois d'avril, avec le prix de 31 fr. 07, et à Nîmes, au mois de mars, avec 31 fr. 80, comme prix maximum, tandis qu'à la même époque, le prix s'élevait à 41 fr. 62 dans le Cher; à 42 fr. 20 dans la Nièvre; à 43 fr. 80 dans la Meuse; à 45 fr. 86 dans l'Indre; à 46 fr. 10 dans la Moselle; à 48 fr. 20 dans la Meurthe, etc... A Metz et à Nancy, où le prix du blé était tombé à 9 francs et au-dessous en 1822, il monta à près de 50 francs en 1847. Voilà l'effroyable variation de prix qu'il fallait constater pour mesurer avec exactitude les progrès accomplis dans la période moderne.

C'est dans l'insuffisance des voies de communication et dans la législation spéciale qui, sous le nom d'échelle mobile, régissait alors le commerce des grains avec l'extérieur, qu'il faut chercher le secret de ces variations. La France, unifiée politiquement, ne l'était pas au point de vue économique. C'était une réunion de petits marchés, indépendants les uns des autres, qui obéissaient avec une grande mobilité aux fluctuations de l'offre et de la demande. Quand la récolte avait été mauvaise dans une région, le prix y montait rapidement et très haut, sans que les régions voisines, mieux pourvues, pussent lui venir en aide, les transports étant trop difficiles et trop onéreux par le défaut ou l'insuffisance des voies de communication. Il y avait ainsi, d'un point à l'autre de notre territoire, des écarts de prix parfois énormes. Même entre régions limitrophes, comme l'Alsace et la Lorraine, ces écarts de prix pouvaient s'observer. Pendant que le prix moyen était à 10 ou 11 francs en Lorraine, on le voyait souvent monter à 15 ou 16 francs en Alsace.

Les variations dans l'ordre du temps avaient encore plus d'ampleur que les variations dans l'ordre de l'espace. La Lorraine, qui avait eu des prix de 45 à 48 francs en mars 1847, n'avait plus que des prix de 14 à 15 francs en mars 1848, et, en décembre de la même année, le prix tombait au-dessous de 12 francs l'hectolitre. Il en avait été de même pour les départements du centre, dont le prix s'était élevé au niveau de celui de la Lorraine en 1847. Ainsi l'Indre, qui avait eu le prix de 45 fr. 86 en mai 1847, n'avait plus que le prix de 14 fr. 74 en mai 1848, et seulement de 12 fr. 71 en décembre suivant. C'était la pléthore qui succédait sans transition

à la famine, l'avilissement des prix à l'extrême cherté. L'abondance de la récolte amenait la dépréciation exagérée des prix le lendemain du jour où avait régné la disette, parce qu'il n'y avait aucun marché où l'on pût trouver facilement soit à écouler le trop-plein de la récolte, soit à se procurer le supplément nécessaire pour combler le déficit.

Tous les points de notre territoire n'étaient pas exposés aux mêmes calamités. Quelques-uns de nos marchés présentaient même, grâce à leur étendue, grâce à la facilité des communications qui les mettaient en rapport avec d'autres marchés plus ou moins lointains, une remarquable fixité des prix. Mieux approvisionnés dans la disette, moins encombrés dans la pléthore, on y voyait le prix monter beaucoup moins haut dans un cas, descendre beaucoup moins bas dans l'autre. Le marché de la Provence, qui communique avec les échelles du Levant par le port de Marseille, avait surtout ce caractère. Nous avons constaté que le blé y valait 21 à 22 francs en 1822, quand il ne valait que 8 à 12 francs sur un grand nombre de nos marchés de l'intérieur. En 1835, en 1849 et en 1850, le prix descendit encore au dessous de 10 francs dans la Lorraine et dans le Berry, tandis qu'il se maintint à 19 et 20 francs en Provence. Nous avons vu aussi qu'en 1847, année de famine sur divers points de l'intérieur, les prix de Provence furent les moins élevés de notre territoire. Il en fut de même en 1855, en 1861 et en 1866, années de cherté.

La Provence n'était pas seule à avoir des prix moyens réguliers et élevés, également à l'abri des hausses ou des baisses violentes, comme nous en avons constaté. Les marchés du littoral de la Manche et de l'Océan, qui sont en communication facile avec les marchés extérieurs, présentaient le même caractère d'uniformité et de stabilité relatives des prix. La Normandie et la Bretagne, si bien placées pour écouler leurs excédents de récoltes en Angleterre, avaient aussi les prix les moins variables. La Gascogne était dans le même cas, grâce au port de Bordeaux. Tous les autres marchés de l'intérieur subissaient la fluctuation de la production locale. Ceux qui, sillonnés de routes, s'alimentaient dans un rayon étendu comme le marché de Paris, avaient moins à redouter ces excès. Ceux qui étaient isolés étaient aussi les plus dégarnis en temps de disette, et les plus encombrés quand l'abondance était venue.

Cependant, vers la fin du demi-siècle que nous étudions, de

grands changements avaient eu lieu dans l'état de nos communications. Les chemins de fer, les canaux s'étaient multipliés. L'échelle mobile, ce boulet rivé au pied du commerce pour l'empêcher de prendre de l'essor, avait fait place à une législation plus libérale. Dès lors commença de s'accentuer de plus en plus la tendance de tous ces petits marchés distincts à se fondre en un seul marché général, que le développement du commerce maritime allait rattacher de plus en plus étroitement aux principaux marchés des deux mondes. On vit les prix tendre à se niveler peu à peu, en devenant plus uniformes dans l'espace et plus stables dans le temps. Sur les marchés où les prix étaient plus faibles, les achats du commerce produisaient la hausse; sur les marchés où les prix étaient élevés, les reventes du commerce enrayaient la hausse ou déterminaient la baisse. Quand venait l'abondance sur un point, le marché n'était plus écrasé, parce que la denrée se portait facilement sur les marchés voisins; le déficit qui entraînait la hausse avait aussi pour effet nécessaire de provoquer l'appel de la denrée, d'assurer l'approvisionnement et d'abréger la crise.

Telle était donc la tendance des prix dans la dernière période décennale qui s'est écoulée avant la guerre : l'uniformité dans l'espace, la stabilité dans le temps. Les moyennes décennales ou annuelles, simple expression nominale pour les points les moins favorisés de notre territoire, devenaient de plus en plus une réalité féconde. Les prix s'élevaient sur ces petits marchés, non seulement en raison de l'élévation progressive de la moyenne décennale ou annuelle, mais encore par le rapprochement des prix extrêmes qui avait pour effet de faire monter peu à peu les prix locaux au niveau du prix moyen général.

Tout le monde gagnait à cette extension croissante de notre marché; les consommateurs étaient moins dépourvus en temps de disette, les producteurs moins écrasés en temps d'abondance; l'approvisionnement était plus régulier pour les uns, les prix moins capricieux et plus élevés pour les autres. Il restait toutefois encore un pas, un grand pas à faire, pour que l'approvisionnement et les prix devinssent indépendants des variations annuelles de la production nationale. C'est ce pas décisif qui a été accompli, dans la période des années écoulées depuis la guerre, par la solidarisation du marché occidental avec celui des États-Unis d'Amérique, ainsi que nous le dirons plus loin.

DEUXIÈME PARTIE. — 1871-1880.

Après avoir établi la marche suivie par la production, la consommation et le prix du blé en France, dans le demi-siècle compris entre 1820 et 1869, nous allons faire le même travail pour la période des dix années écoulées depuis la guerre. C'est en comparant la dernière période décennale que nous venons de traverser, aux périodes antérieures dont nous avons fait l'étude avec désintéressement et déterminé le caractère avec une entière équité, que nous pourrons juger si nous sommmes dans une situation normale, et si notre production de blé, notre consommation et nos prix ont continué de se développer dans le même sens et avec la même rapidité qu'auparavant. Nous passerons donc successivement en revue, avec les mêmes divisions et sous les mêmes titres, les faits de la nouvelle période décennale.

§ 1. — Production du blé de 1871 à 1880.

Il résulte des documents publiés récemment par le bureau des subsistances du ministère de l'agriculture et du commerce que la production totale des dix années comprises entre le 1er janvier 1871 et le 31 décembre 1880 est, en chiffres ronds, de 975 millions d'hectolitres, soit une moyenne de 97 millions et demi d'hectolitres par an. La période décennale antérieure (voy. p. 325) ayant fourni un total de 992 millions d'hectolitres, soit bien près de 100 millions d'hectolitres par an, on voit immédiatement qu'un trouble considérable s'est produit dans la marche de la production du blé en France, durant ces dix dernières années. Jusque-là, en effet, la récolte moyenne d'une période s'était accrue très sensiblement de 10 millions d'hectolilres sur la récolte moyenne de la période précédente, ce qui, pour l'ensemble de la production d'une période, constituait un accroissement total de 100 millions d'hectolitres. Or non seulement il n'y a pas eu accroissement dans la période de 1871 à 1880, sur celle de 1860 à 1869, il y a eu, au contraire, diminution. Au lieu de 110 millions environ d'hectolitres de blé que nous aurions dû avoir, par année moyenne, depuis dix ans, si la production avait suivi la même marche que dans les périodes antérieures, nous

n'avons eu que 97 millions d'hectolitres et demi, soit un déficit de plus de 12 millions d'hectolitres par an et de plus de 120 millions d'hectolitres pour la période entière.

Avant de rechercher les causes de cet énorme déficit dans la production du blé en France, il convient de décomposer la période de 1871-1880 en deux périodes quinquennales, afin de voir comment se sont comportées les récoltes, soit au commencement, soit à la fin de la période décennale. Voici comment se fait la répartition de la production totale entre les cinq premières et les cinq dernières années de la période.

PÉRIODES QUINQUENNALES.	ANNÉES.	PRODUCTION TOTALE de la PÉRIODE.	PRODUCTION MOYENNE ANNUELLE.
		millions d'hectolitres.	millions d'hectolitres.
1er	1871-1875	506	101.2
2e	1876-1880	469	93.8

En comparant ces nombres à ceux des périodes antérieures (voy. p. 322), on trouve que la production dans l'espace compris entre 1871 et 1875 a été un peu supérieure à celle des deux périodes quinquennales immédiatement antérieures. Il y a donc eu, durant les années qui ont suivi la guerre, un certain progrès dans la production du blé en France, mais ce progrès a été très minime si l'on prend comme terme de comparaison l'accroissement de production que nous avons constaté pour les périodes antérieures.

Quant aux cinq années comprises entre 1876 et 1880, elles n'ont fourni que 469 millions d'hectolitres, soit une moyenne annuelle de 94 millions d'hectolitres environ. Il faut remonter à vingt ans de date, c'est-à-dire jusqu'à la période 1855-1859, pour trouver une moyenne annuelle qui ne dépasse pas cette limite.

Voici comment se sont comportées les récoltes dans chacune de ces deux périodes quinquennales.

La première (1871 à 1875) débute par une récolte exceptionnellement mauvaise. Par suite des désastreux événements au milieu desquels s'était fait l'ensemencement à la fin de 1870, la surface ensemencée avait subi une réduction d'un demi-million d'hectares, et le rendement moyen de la récolte de 1871 était descendu au des-

sous de 11 hectolitres à l'hectare. Il faut remonter jusqu'en 1853, pour trouver un rendement moyen aussi faible. Sous l'influence cumulée de ces deux causes, le déficit laissé par la récolte de 1871 fut énorme. Fort heureusement, la récolte de 1872 s'éleva à 121 millions d'hectolitres et ramena l'abondance. Il y eut de nouveau une très mauvaise récolte en 1873, avec 82 millions d'hectolitres seulement. Mais la récolte de 1874 fut d'une abondance exceptionnelle; elle nous apporta 133 millions d'hectolitres. Quant à la récolte de 1875, elle fut médiocre. C'est l'année qui inaugure la série de récoltes déplorables par lesquelles nous venons de passer.

Au total, deux très mauvaises récoltes, deux très bonnes et une médiocre : voilà, en quelques mots, comment se résume et se caractérise la période quinquennale qui suivit immédiatement la guerre.

La période quinquennale suivante (1876-1880) ne comprend que de mauvaises récoltes sans la compensation d'une seule qui ait été, je ne dirai pas bonne, mais seulement passable. La moins mauvaise est celle de 1877, qui, ne dépassant pas 100 millions d'hectolitres, reste inférieure à la moyenne de la période précédente. Vient ensuite, par ordre de décroissement, la récolte de 1880, qui a été de 99 millions d'hectolitres; puis deux récoltes de 95 millions d'hectolitres, celles de 1876 et de 1878, cette dernière de qualité mauvaise; enfin la désastreuse récolte de 1879, qui tomba à 79 millions d'hectolitres.

En parcourant les documents statistiques publiés par l'administration depuis 1820, on ne trouve aucun autre exemple d'une aussi longue série d'années calamiteuses. Deux fois seulement on a pu voir deux récoltes consécutives rester l'une et l'autre au-dessous de la moyenne de la période quinquennale immédiatement antérieure : une première fois en 1845 et 1846, où les récoltes furent de 72 et de 61 millions d'hectolitres, quand la moyenne de la période de 1840-1845 s'était élevée à 76 millions d'hectolitres; une seconde fois en 1866 et 1867, où les récoltes ne furent que de 85 et de 83 millions d'hectolitres, alors que la moyenne de la période de 1860-1864 avait été de 99 millions d'hectolitres. Mais ici ce n'est plus deux récoltes consécutives qui sont inférieures à la moyenne de la période antérieure : c'est cinq récoltes sans interruption. Encore faut-il ajouter que ces cinq années mauvaises font suite à une année déjà médiocre, tandis que les récoltes de 1845 et de 1846 venaient après celle de 1844, la plus abondante qu'on eût

vue jusqu'alors, avec ses 82 millions d'hectolitres, et que les récoltes de 1865 et 1866 succédaient à la série de récoltes abondantes qui avaient produit la crise de pléthore d'où l'enquête agricole est sortie. Quand on se reporte aux horreurs causées par la famine après 1846, quand on sait que si nous avons échappé à ce fléau en 1867 et 1868, nous n'en avons pas moins vu le prix monter jusqu'à 35 francs l'hectolitre sur quelques points de notre territoire, on se demande avec épouvante ce que nous serions devenus, avec cette longue série d'années calamiteuses, si nous n'avions eu quelque moyen de pourvoir aux besoins de la consommation, en comblant le déficit de nos récoltes. C'est une famine horrible, sans précédent pour nous aider à en apprécier la gravité, sans nom pour l'exprimer, qui nous était reservée.

La diminution des surfaces ensemencées, par suite des pertes de territoire que nous avons dû subir après la néfaste guerre de 1870, n'entre que pour une part assez faible dans la diminution de notre production de blé. C'est ce qui résulte du tableau suivant où nous avons établi le total et la moyenne des ensemencements dans chacune des périodes quinquennales écoulées depuis la guerre.

PÉRIODES QUINQUENNALES.	ANNÉES.	TOTAL des ensemencements DANS LA PÉRIODE.	MOYENNE des ENSEMENCEMENTS.
		hectares.	hectares.
1re	1871-1875	34.007.920	6.800.000
2e	1876-1880	34.500.878	6.900.000

La comparaison de ce tableau avec celui de la page 326, où sont exposées les moyennes des surfaces ensemencées dans les périodes antérieures, montre que nous n'avons pas encore reconquis entièrement, par l'extension de nos cultures, le terrain que nous ont fait perdre les déplorables événements de 1870. On peut estimer que nos pertes de territoire nous avaient enlevé 200.000 hectares environ de blé; nous n'en avons regagné que 150.000. Somme toute et quand on compare ce gain à celui que nous avons constaté pour les époques antérieures, on trouve que le mouvement d'extension de la culture du blé a été un peu moins rapide depuis 10 ans qu'il n'était auparavant.

Pour apprécier l'influence que cette perte de territoire a exercée sur la production de nos deux périodes quinquennales, il suffit de multiplier 200.000 hectares par le rendement moyen de la période. Cela nous donnerait un supplément d'un peu moins de 3 millions d'hectolitres par année moyenne de chacune des périodes. En joignant ce supplément à la production constatée plus haut, afin de voir ce qu'aurait été notre production totale si notre territoire était resté intact, et de rendre ainsi comparables nos périodes modernes aux périodes antérieures, on trouve que les cinq premières années nous auraient donné, en moyenne, 104 millions d'hectolitres et les cinq dernières 96 millions et demi d'hectolitres seulement. Le déficit de cette dernière période n'en resterait pas moins très considérable.

C'est à l'abaissement du rendement moyen annuel, sous l'influence de circonstances climatériques très défavorables, qu'il faut attribuer la diminution de la production du blé dans les cinq dernières années qui viennent de s'écouler. Voici en effet quelle a été la moyenne du rendement annuel dans nos deux périodes quinquennales.

PÉRIODES QUINQUENNALES.	ANNÉES.	RENDEMENT MOYEN annuel DE LA PÉRIODE.
		hectolitres.
1re	1871-1875	14.80
2e	1876-1880	13.63

Le rendement de 14h 80, qui a été la moyenne de la période de 1861 à 1875, est le rendement moyen quinquennal le plus élevé que nous ayons eu, ainsi qu'on peut le constater en consultant le tableau de la page 326. C'est un résultat d'autant plus surprenant que deux des rendements moyens de cette période ont été remarquablement faibles : l'un de 10h 78, en 1871, l'autre de 11h 99, en 1873. Par contre, les rendements de 1872 et de 1874 se sont élevés, l'un à 17h 41, l'autre à 19h 36. Ce sont les plus hauts rendements que nous ayons jamais obtenus. Jusqu'alors le rendement maximum avait été celui de 1863, et il n'avait pas tout à fait atteint 17 hectolitres à l'hectare.

Dans la période des cinq dernières années, le rendement le plus élevé est celui de 1880, et il n'est que de 14h 57. En 1876 et 1878, le rendement reste au-dessous de 14 hectolitres. Enfin, en 1879, il s'abaisse à 11h 43. La moyenne de la période descend à 13h 63, c'est-à-dire au-dessous du rendement moyen des six périodes quinquennales antérieures. Il faut remonter à 30 ans de distance pour trouver un rendement moyen aussi faible. C'est 30 ans d'efforts et de progrès qui ont été annihilés par de déplorables circonstances climatériques. Voilà l'explication du déficit de nos dernières récoltes et la véritable cause des souffrances de l'agriculture. Cent millions d'hectolitres de blé en moins, c'est un déficit de plus de 2 milliards dans les recettes de nos cultivateurs. Quelle industrie pourrait supporter un pareil désastre, sans être un peu ébranlée?

§ 2. — Consommation du blé de 1871 à 1880.

En prélevant, sur chacune des récoltes de la première période quinquennale, 12 millions d'hectolitres pour les semences que nous comptons ici à 1h 75 par hectare, il reste un total disponible de 446 millions d'hectolitres, soit 89 millions 200 mille hectolitres, en moyenne, pour chacune des années de cette période.

En faisant le même prélèvement sur les récoltes de la seconde période quinquennale, il reste un nouveau total de près de 410 millions d'hectolitres, soit une moyenne de 82 millions d'hectolitres par an. Voilà les ressources que notre production nationale a pu fournir à la consommation, durant chacune des années de ces deux périodes.

Le commerce extérieur y a ajouté un supplément de 26 millions d'hectolitres dans la première période, et l'énorme contingent de 74 millions d'hectolitres dans la seconde.

C'est principalement dans le cours de l'année 1871, et durant les premiers mois de l'année 1874, qu'ont eu lieu les importations les plus considérables de la première période. L'une a donné un excédent d'importations de près de 14 millions d'hectolitres; l'autre de près de 9 millions. La récolte si abondante de 1874 n'a donné lieu, au commencement de 1875, qu'à un excédent d'exportations d'un million et demi d'hectolitres. Dans la seconde période, l'année 1877 a donné aussi un léger excédent d'exportations, un peu plus

de 300 000 hectolitres. Mais, en 1876, les importations avaient dépassé les exportations de 4 millions d'hectolitres; et, dans les trois dernières années de la période, 1878, 1879 et 1880, l'excédent des importations a atteint la masse formidable de 70 millions d'hectolitres.

Les ressources totales mises à la disposition de la consommation pendant ces deux périodes quinquennales peuvent donc être établies de la manière suivante :

PÉRIODES QUINQUENNALES.	ANNÉES.	CONTINGENT de la production NATIONALE.	CONTINGENT DES IMPORTATIONS.	TOTAL DES RESSOURCES.
		millions d'hectol.	millions d'hectol.	millions d'hect.
1re	1871-1875	446	26	472
2e	1876-1880	409	74	483

Cela donne pour chacune des années de ces deux périodes les moyennes ci-après :

PÉRIODES DÉCENNALES.	ANNÉES.	CONTINGENT de la production NATIONALE.	CONTINGENT annuel DE L'IMPORTATION.	RESSOURCES annuelles DE LA PÉRIODE.
		millions d'hectol.	millions d'hectol.	millions d'hect.
1re	1871-1875	89.2	5.2	94.4
2e	1876-1880	81.8	14.8	96.6

Enfin, si l'on fait porter le calcul des ressources sur la période décennale tout entière, afin de la comparer aux périodes décennales antérieures (voy. le tableau de la page 332), on obtient un total de ressources de 955 millions d'hectolitres, production nationale et importations étrangères réunies. C'est par année moyenne de la période, 95 millions et demi d'hectolitres, soit seulement une augmentation de 8 millions d'hectolitres sur la moyenne des ressources de la période décennale antérieure (1860-1869). Chacune des périodes précédentes ayant gagné 10 millions d'hectolitres sur sa devancière, il résulte de ce rapprochement que les 100 millions d'hectolitres que nous avons importés depuis dix ans n'ont pas suffi à

maintenir le mouvement imprimé au développement de nos ressources dans l'intervalle compris entre 1820 et 1869. C'est dire que notre marché, en dépit de l'affolement suscité par ces importations énormes, mais nécessaires, n'a jamais été moins encombré de blé que depuis dix ans, si la consommation a suivi sa marche régulière. Or, voici ce qu'il en est sur ce dernier point.

Les calamités de la guerre et la douloureuse séparation de l'Alsace-Lorraine ont amené une notable diminution de notre population. Le recensement de 1872 n'a constaté qu'un peu plus de 36 millions d'habitants, et en 1876, nous n'avions pas encore atteint 37 millions. En adoptant les mêmes bases que dans les tableaux relatifs aux périodes antérieures, voici la part qui revient à chaque tête de la population sur la masse de nos ressources, et à quelle provision journalière de pain correspond notre provision individuelle :

PÉRIODES.	ANNÉES.	POPULATION.	MASSE des RESSOURCES.	PROVISION de blé PAR TÊTE et par an.	RATION de pain PAR JOUR et par tête.
			mil. d'hect	kilog.	grammes.
1re	1871-1875	36.102.921	94.4	195.75	536
2e	1876-1880	36.905.788	96.6	196.50	538

La comparaison de ce tableau avec celui de la page 334 montre que dans la période quinquennale qui a suivi immédiatement la guerre, il y a eu une amélioration très notable de notre régime alimentaire. Notre provision par tête de population, qui avait été de près de 172 kilogrammes de blé dans la période décennale antérieure, s'élève à près de 196 kilogrammes, et la ration correspondante de pain par jour et par tête passe de 470 à 536 grammes. C'est sous l'influence d'une prospérité très active dans les diverses branches de notre industrie, que ce développement de la consommation, plus rapide qu'il n'avait été antérieurement, a pu se produire. On sait quelle activité a régné dans tous nos ateliers, durant cette première période. C'est cette activité et la prospérité qui en a été la suite, qui nous a permis de réparer si promptement les désastres de la guerre, à l'étonnement du monde entier. Deux récoltes d'une abon-

dance exceptionnelle n'ont pas suffi pour satisfaire une consommation que l'activité du travail et la prospérité de toutes nos industries rendaient chaque jour plus exigeante. Il a fallu y ajouter, comme nous l'avons vu, un apport de 26 millions d'hectolitres de blé étrânger, soit plus de 5 millions d'hectolitres par chacune des années qui forment cette période.

Cette amélioration ne s'est pas continuée dans la seconde période quinquennale, soit que la prospérité ait diminué, soit plutôt que le blé ait fait défaut, malgré l'énorme contingent de 74 millions d'hectolitres que nous a fournis l'étranger dans ces dernières années. Nous avons tout au plus gardé notre situation acquise en sauvegardant, à grand renfort d'importations, et notre provision individuelle de blé et notre ration journalière de pain. Sans ce renfort nécessaire, près de 6 millions de nos concitoyens seraient privés, depuis cinq ans, de leur provision de blé et de leur ration journalière de pain de 536 grammes. Tous ne seraient pas morts de faim assurément, parce qu'en outre du blé, il y a le seigle, il y a l'avoine, il y a l'orge, il y a le sarrasin, le maïs, les châtaignes et les pommes de terre, etc. Mais j'ose répéter que c'eût été une calamité sans précédent dans l'histoire de notre siècle. Sans même tenir compte des catastrophes qu'eût entraînées, sans aucun doute, une pareille famine, le simple affaiblissement qui serait, pour les consommateurs, la conséquence de la privation d'un aliment fortifiant, eût porté une grave atteinte à notre prospérité. Avec une alimentation moins substantielle, il y aurait moins de travail ; avec moins de travail, il y aurait moins de production et de bien-être. Ceux qui veulent fonder la prospérité de l'agriculture sur la diminution des ressources alimentaires des consommateurs n'ont sans doute pas pesé ces graves conséquences. Aussi la seule excuse de pareilles doctrines, c'est d'être absolument inconscientes.

Les importations n'ont donc été ni un accident, ni un malheur, elles ont été une nécessité et un bienfait ; elles n'ont pas eu lieu pour ruiner notre agriculture en surchargeant un marché trop garni, mais pour nous sauver de la famine en comblant les vides de la production nationale. Le mal ou plutôt le fléau, c'est le déficit sans précédent de nos dernières récoltes. Les importations en ont été le remède, remède aussi bienfaisant que nécessaire.

L'agriculture elle-même a trouvé, ou du moins trouvera dans le développement de la consommation favorisé par les importations, une

extension de débouchés dont elle appréciera un jour le prix. Si la consommation intérieure a absorbé, dans la dernière période décennale, 100 millions d'hectolitres de blé étranger, c'est parce que l'agriculture nationale a été hors d'état de les lui fournir. Mais c'est précisément parce que la consommation a pu, sinon se développer, du moins se maintenir, en s'approvisionnant au dehors de ce qui lui était nécessaire, qu'elle est prête aujourd'hui à absorber, et même au delà, tout ce que l'agriculture nationale pourra lui vendre, même quand ses récoltes seront le plus abondantes. De même que le commerce ne porte pas notre blé au dehors, quand nos récoltes sont en déficit, il n'ira pas chercher du blé en Amérique, quand nos greniers seront pleins. S'il faut aujourd'hui plus de 100 millions d'hectolitres à notre consommation, c'est l'agriculture nationale qui sera seule appelée à les fournir, quand elle sera en mesure de le faire.

Nous avons un moyen bien simple de savoir à combien s'élèvent aujourd'hui les besoins de la consommation, et quelle est par conséquent l'étendue des débouchés qu'elle offre à notre agriculture. Durant les trois dernières années qui viennent de s'écouler, la production intérieure et l'importation réunies se sont élevées à 344 millions d'hectolitres, ce qui, après prélèvement des semences, n'a pas laissé beaucoup moins de 310 millions d'hectolitres pour la consommation, soit 103 millions d'hectolitres environ par an. Ce qui prouve bien que la consommation a tout absorbé, et que cette moyenne est l'expression exacte de nos besoins dans les trois dernières années, c'est qu'au 1er janvier 1881, le marché n'était pas mieux garni qu'au 1er janvier 1878 : les prix étaient sensiblement au même niveau, et l'importation continuait de se faire avec la même activité. C'est donc bien véritablement 103 à 104 millions d'hectolitres qui ont passé dans notre consommation annuelle des trois dernières années.

103 millions d'hectolitres pour nous alimenter, cela fait au moins, en y joignant les semences nécessaires à la culture, 115 millions d'hectolitres. Toute récolte qui n'arrivera pas aujourd'hui à ce niveau et qui, dans trois ou quatre ans, n'atteindra pas 120 millions d'hectolitres, laissera un déficit dans la consommation, déficit auquel il faudra pourvoir par une importation de grains étrangers.

Cependant le jour semble encore bien éloigné où nous pourrons tous faire du pain de blé la base de notre nourriture. La masse

des ressources disponibles que nous avons trouvées, durant la dernière période quinquennale, dans la production intérieure et dans l'importation étrangère, n'a pu fournir qu'à 30 millions de nos concitoyens la ration journalière de 700 grammes de pain que nous considérons comme la ration normale ou nécessaire. Plus de 7 millions de Français n'ont pu y prendre part, et il eût fallu, pour assurer à ces déshérités le pain quotidien de blé, un nouveau supplément de 25 millions d'hectolitres de blé par an. Espérons que ce déficit sera comblé avant la fin du siècle, grâce au progrès de l'agriculture, et, s'il est nécessaire, de l'importation. Rien n'est plus à désirer que tous les Français puissent avoir leur ration normale de pain de blé, qui est le pain fortifiant et réparateur par excellence. Cela est surtout à désirer dans l'intérêt du paysan, ce rude producteur du blé, qui, pour assurer la subsistance du citadin, s'abstient trop souvent de toucher à notre provision disponible, se contentnat du seigle, du sarrasin, des châtaignes, et n'ayant à sa disposition qu'un peu de viande de porc pour améliorer un peu ce maigre régime.

Il est vrai qu'à la fin du siècle, les besoins seront devenus plus grands, soit parce que notre population se sera accrue de 3 millions de têtes, soit parce que la consommation du pain de blé dépassera 700 grammes par tête et par jour, par suite de l'accroissement général d'activité et d'aisance. Le débouché n'est donc pas près de se fermer, et c'est là une perspective qui est bien faite pour encourager notre agriculture nationale. Qu'elle ne craigne pas d'étendre ses ensemencements et d'élever de plus en plus le niveau de ses rendements moyens : elle ne fera jamais assez de blé pour notre consommation intérieure, qui a pris sur elle les devants, grâce aux énormes importations qui ont eu lieu depuis quelques années. Plus elle fera d'abondantes récoltes, plus elle en trouvera le placement facile, dans son voisinage, sans avoir à chercher au loin, en dehors des limites de notre territoire, ces consommateurs qui lui faisaient tant défaut autrefois. Quant aux importations dont on voudrait qu'elle se défie, comme d'une cause de ruine prochaine, leur effet le plus sûr est de favoriser l'essor de la consommation, de lui permettre de développer la faculté d'expansion dont elle jouit à un si haut degré, en élargissant ainsi, et d'une manière incessante, le débouché si avantageux de l'agriculture à l'intérieur.

§ 3. — Les prix du blé de 1871 à 1880.

D'après les documents récemment publiés par le bureau des subsistances, le prix moyen du blé en France, dans la période des dix dernières années, se serait élevé à 23 fr. 09. La comparaison de ce prix moyen avec ceux des périodes antérieures montre que non seulement le prix moyen général du blé est aujourd'hui plus haut que jamais, mais encore que, d'une période à l'autre, la hausse n'a jamais été aussi forte. Il y a 1 fr. 63 de différence entre le prix moyen de la dernière période décennale et celui de la période antérieure.

Mais, pour bien comprendre la situation faite à l'agriculture, il convient de faire pour les prix ce que nous avons fait pour la production, c'est-à-dire de décomposer la période décennale en deux périodes quinquennales, afin de voir comment se sont comportés les prix, soit dans la première de ces périodes où les récoltes ont été satisfaisantes dans leur ensemble, soit dans la seconde où elles ont été uniformément, quoique inégalement, mauvaises. C'est ce que nous faisons dans le tableau suivant.

PÉRIODES QUINQUENNALES.	ANNÉES.	PRIX MOYEN DE LA PÉRIODE.
1re	1871-1875	23.77
2e	1876-1880	22.39

Voilà un résultat qui est tout à fait inattendu : le prix moyen le plus élevé est celui de la période où la production a été la plus abondante; le prix moyen le plus faible s'applique aux années où les récoltes ont le plus manqué. L'agriculture a donc reçu une double atteinte dans les cinq dernières années qui viennent de s'écouler; les récoltes ont été mauvaises et les prix insuffisants.

Voici de quels éléments se composent ces prix moyens des périodes quinquennales.

Le prix moyen le plus élevé de la première période, c'est celui de l'année 1871, il est de 26 fr. 65. C'est aussi l'année où le déficit de la récolte a été le plus considérable. En 1873, autre année de mauvaise récolte, le prix moyen de l'année ne dépasse pas 25 fr. 70.

Quant au prix moyen le plus faible de la période, c'est celui de 1875, et il est de 19 fr. 38. L'écart entre les prix annuels extrêmes de la période est de 7 fr. 37, soit de 31 p. 100 de la moyenne quinquennale qui est de 23 fr. 77.

Dans la seconde période, les prix extrêmes se sont rapprochés et il n'y a plus qu'un écart sans importance entre les prix annuels maximum et minimum de la période. Le plus haut, celui de 1877, ne monte qu'à 25 fr. 42; le plus bas, celui de 1875, est de 20 fr. 64. C'est à peine si l'écart représente 12 p. cent du prix moyen de la période.

Les variations n'ont pas plus d'ampleur entre les prix moyens mensuels de chacune des années de la dernière période. En 1874, on avait pu constater, entre le maximum et le minimum mensuels de l'année, une différence assez considérable. Après la mauvaise récolte de 1873, le prix avait monté, en juin 1874, jusqu'à 29 fr. 85. Sous l'influence de la plantureuse récolte qui suivit, le prix descendit rapidement à 20 francs en septembre de la même année. C'était encore une fois l'abondance qui succédait rapidement à la disette; nous avions trop de blé sur le marché, quelques mois à peine après avoir été exposés à en manquer. Mais, à partir de 1876, les variations mensuelles se restreignent dans des limites très étroites, ainsi que le montre le tableau suivant, où sont groupés les prix mensuels extrêmes de chacune des cinq dernières années, ainsi que l'indication des mois où ces prix extrêmes s'observent.

ANNÉES.	MAXIMUM MENSUEL.		MINIMUM MENSUEL.		ÉCART entre les extrêmes MENSUELS.
	MOIS.	PRIX.	PRIX.	MOIS.	
1876	Décembre .	21.58	19.55	Janvier	2.03
1877	Juillet.....	24.90	21.70	Février......	3.20
1878	Avril......	24.20	21.10	Décembre...	3.10
1879	Décembre .	23.90	20.59	Janvier......	3.40
1880	Juin.......	24.39	[1]		

1. Les prix mensuels du blé n'ont été publiés que jusqu'en 1870. Je dois à l'obligeance de M. Challot, chef de la division des encouragements à l'agriculture, et à celle de M. Claye, sous-chef du bureau des subsistances, communication des prix mensuels depuis 1871 jusqu'en juillet 1880. P. C. D.

Le nivellement des prix dans l'ordre du temps s'est donc opéré, d'une façon à peu près complète, dans les dernières années qui viennent de s'écouler. Le prix est ainsi devenu plus indépendant des variations de nos récoltes : ce qui revient à dire que l'approvisionnement de notre marché s'est fait de la façon la plus régulière, sans excès à un moment donné, sans déficit à un autre. C'est la stabilité des prix qui est le signe le plus caractéristique de la régularité de l'approvisionnement.

Quant au nivellement des prix dans l'ordre de l'espace, c'est-à-dire entre les divers points de notre territoire à un moment donné, il avait achevé de se faire peu à peu par la multiplication des voies perfectionnées de communication. Depuis dix ans environ, il n'y a plus, entre nos divers marchés, que des écarts de prix assez faibles, 3 à 4 francs au maximum par hectolitre. La Provence a toujours conservé les plus hauts prix, et la région du centre est encore celle qui a habituellement les plus faibles. Mais pendant que les prix sont restés presque stationnaires en Provence depuis 1820, ils ont presque doublé dans le centre et dans les régions anciennement déshéritées, dont le marché était si restreint par le défaut de voies de communication.

C'est à l'intervention de l'Amérique sur nos marchés, c'est à la facilité de nous approvisionner qui en a été la suite, qu'il faut attribuer le prompt nivellement des prix, dans l'ordre du temps, que nous avons constaté plus haut. Cette intervention, on peut le dire sans témérité, nous a sauvés d'une véritable famine. Mais elle n'a pu s'opérer qu'en modifiant profondément la marche habituelle de nos prix dans les années de déficit. Contrairement aux précédents, l'agriculture nationale s'est trouvée dans l'impossibilité de compenser, en partie, l'infériorité de ses récoltes par l'élévation des prix. Les cultivateurs ont eu, depuis cinq ans, peu de blé à vendre, et ils l'ont vendu moins cher qu'autrefois, quand il n'y avait qu'une seule récolte mauvaise. Assurément, les consommateurs se sont bien trouvés de l'intervention des États-Unis sur notre marché; mais il est juste de convenir, parce que c'est la vérité, que l'agriculture n'a pas été sans en souffrir cruellement. C'est elle qui a fait jusqu'ici les frais de cette intervention.

Ce qu'il y a eu de particulièrement fâcheux pour l'agriculture, dans cette coïncidence de mauvaises récoltes avec des prix moyens, c'est qu'en 1878 la récolte fut très mauvaise pour la qualité, et

qu'on vit, pour la première fois, les blés étrangers plus recherchés et mieux payés par le commerce que nos blés de France. Ce sont les blés d'Amérique qui soutinrent alors les cours, et nos blés indigènes, qui sont habituellement de qualité meilleure, se vendirent plutôt au-dessous qu'au-dessus des prix constatés par les mercuriales. Les choses du moins se passèrent ainsi sur plusieurs points de notre territoire.

Je n'ai pas l'intention, comme on le voit, de dissimuler les pertes essuyées par l'agriculture, dans ces dernières années, ni de nier ses souffrances, ni de méconnaître le fondement des plaintes qu'elle fait entendre. Il s'agit seulement de savoir, d'une part, si sa situation est irrévocablement compromise, et, d'autre part, quels sont les remèdes les plus propres à la soulager dans sa détresse présente.

Loin de considérer l'agriculture comme menacée dans sa situation, je crois, au contraire, qu'elle trouvera dans la concurrence américaine de nouveaux éléments de prospérité pour un prochain avenir. Si les effets de cette concurrence ont été sans compensation pour elle jusqu'à ce jour, cela tient uniquement à la succession de nos mauvaises récoltes; mais la compensation se produira infailliblement quand nos récoltes seront bonnes. De même que nous n'avons pas vu le blé monter aussi haut qu'autrefois, en temps de disette, nous ne le verrons plus descendre aussi bas, en temps d'abondance. Si les cultivateurs font moins d'argent dans un cas, ils en feront plus dans l'autre, et la compensation s'établira d'autant mieux au profit de l'agriculture que ses excédents de récoltes seront plus considérables.

Que le prix minimum de l'abondance aille en s'élevant, c'est là un fait qui s'est produit d'une façon remarquable, surtout depuis que notre marché s'est élargi par la suppression de l'échelle mobile. Le prix moyen général le plus faible de la dernière période est, nous l'avons dit, celui de 1875 : il a été de 19 fr. 38. Dans la période décennale antérieure, le prix moyen le plus faible était de 16 fr. 41, c'est celui de 1865. En remontant plus haut, nous trouvons même des prix moyens généraux au-dessous de 15 francs, comme en 1850 et 1851. Si la récolte si exceptionnelle de 1874 n'a pas surchargé notre marché au point de ramener les prix des périodes antérieures, nous sommes assurément fondé à conclure, qu'après l'essor donné à notre consommation par les importations

de blé étranger, nos récoltes futures, si abondantes qu'elles soient, ne s'écouleront jamais à un prix inférieur à 20 francs l'hectolitre.

La raison en est que si la concurrence est devenue plus grande, le marché est aussi devenu plus étendu. Il y a plus de nations qui peuvent nous envoyer un supplément de grains, quand nous viendrons à en manquer; il y a aussi plus de régions sur lesquelles nous pourrons déverser nos excédents de récoltes, quand les saisons auront été favorables. L'expérience de tous les ans démontre qu'il n'y a jamais simultanéité d'abondance ou de disette chez tous les peuples à la fois. Quand la récolte est abondante sur un point, elle fait défaut sur un autre, et tous les progrès de la civilisation concourent à faire combler, au moyen de l'échange, le déficit qui s'est produit dans le dernier cas par le trop-plein qui se rencontre dans le premier. L'approvisionnement et les prix se régularisent ainsi sur le marché général, indépendamment des circonstances spéciales qui ont dominé la récolte sur tel ou tel point, en dehors même des variations de la production locale. L'extension du marché, ce n'est pas seulement une garantie contre la disette, c'est aussi une garantie contre la pléthore. Et l'on sait que chez nous les crises de pléthore n'ont pas été les moins douloureuses pour l'agriculture, témoin les plaintes suscitées, il y a quinze ou seize ans, par la *crise agricole*.

Je n'examine pas l'hypothèse où se complaisent quelques esprits timorés, d'après laquelle les Américains auraient une puissance de production telle qu'ils pourraient inonder de blés à vil prix les marchés de l'Europe occidentale, jusqu'au point d'y ruiner la culture. C'est prêter aux Américains une naïveté dont ils sont innocents et d'ailleurs bien incapables. Comme tous les négociants du monde, ceux d'Amérique ne recherchent que les hauts prix, et s'ils ont apporté des chargements de blé en Europe, c'est uniquement parce que le blé s'y vendait plus cher qu'en Amérique. Ils ont eu pour premiers clients les Anglais qui ont des déficits constants et énormes; ils ont ensuite fourni du blé à la France, qui a eu, dans ces dernières années, des déficits énormes et temporaires, il faut bien l'espérer; ils vendront à n'importe quel autre peuple qui aura des déficits, parce que le déficit appelle la hausse et que la hausse attire les vendeurs, Américains et autres. Il serait puéril de s'imaginer que les Américains nous visent particulièrement, avec leurs chargements de blé : s'ils ont des

préférences, c'est uniquement pour ceux qui sont disposés à payer le plus cher les denrées qu'ils détiennent.

J'ajoute incidemment que la consommation est loin d'avoir dit son dernier mot en Amérique. Ils n'ont même pas encore atteint la production nécessaire pour assurer à chaque tête de population la ration quotidienne de 700 grammes de pain, que nous considérons comme la ration nécessaire d'un peuple qui travaille. S'ils vendent du blé au lieu de le consommer, c'est qu'une partie de la population, en Amérique, comme en France, n'est pas encore arrivée à ce degré d'aisance qui permet de faire du blé la base de la nourriture. Le développement de la richesse aura donc pour effet, en Amérique, de restreindre les exportations, ou tout au moins, de les modérer. D'ailleurs il saute aux yeux que, si le débouché venant à se restreindre, les Américains étaient forcés d'écouler à tout prix leurs excédents de récoltes, ils seraient seuls à courir le risque de se ruiner. Ce n'est pas celui qui achète à vil prix les denrées qui lui sont nécessaires qui se ruine, c'est bien plutôt celui qui les vend.

Donc l'Amérique n'est pas un danger pour notre agriculture. Son intervention a diminué, dans une notable mesure, les prix des années de disette; par contre, elle fera monter, dans la même proportion, les prix des années d'abondance. C'est un grand malheur assurément que nos récoltes aient été mauvaises, et que nous ayons été forcés, pour assurer notre subsistance dans les dix dernières années qui viennent de s'écouler, de nous procurer au dehors, au prix de plus de deux milliards, les 100 millions d'hectolitres de blé qui nous étaient nécessaires. Mais le malheur eût été beaucoup plus grand, même pour l'agriculture nationale, si, privés de ce supplément strictement indispensable, nous avions dû, je ne dirai pas mourir de faim, mais seulement perdre l'habitude ou les moyens de consommer du pain de blé. Ne maudissons ni la concurrence, ni les importations d'Amérique. Plus les Américains nous apporteront de blé, plus ils développeront la consommation, plus ils étendront les débouchés de l'agriculture, principalement le débouché de l'intérieur, le plus avantageux qu'il y ait. La concurrence économique n'est pas un fléau : c'est la loi des sociétés, parce que c'est la cause de tous les progrès.

DÉTERMINATION DES PROPORTIONS RELATIVES DE L'AZOTE

DES MATIÈRES MINÉRALES

ET DE L'ACIDE PHOSPHORIQUE EN PARTICULIER

DANS DIVERSES COUPES DE LÉGUMINEUSES FOURRAGÈRES

Par M. ALBERT ROUSSILLE
Professeur de sciences physiques à l'école de Grignon

Le savant directeur de la station agronomique de Caen, M. Isidore Pierre, a établi que la proportion d'azote contenue dans mille parties d'une plante desséchée diminue à mesure que s'approchent sa floraison ou sa maturité; les agriculteurs instruits donnent, de leur côté, la préférence aux secondes coupes des fourrages artificiels pour la nourriture du bétail d'élevage.

L'observation de M. Isidore Pierre ne serait-elle pas la justification de la pratique agricole? La maturité du fourrage est, en effet, toujours plus complète dans les premières coupes que dans les suivantes.

Les recherches exposées ci-après ont été entreprises dans le but de vérifier ce fait.

On a choisi, dans des bottes de fourrage contenant une forte proportion de luzerne et un peu de sainfoin, des échantillons aussi exempts que possible de graminées et autres plantes étrangères, et on les a soumis à l'action suffisamment prolongée d'une étuve chauffée entre cent dix et cent quinze degrés pour qu'il y ait cessation absolue de perte de poids. — Les plantes desséchées, on a séparé avec soin les feuilles et les sommités florales qui constituent le florin, et on a déterminé séparément les poids du florin et des tiges nues.

Voici les relations centésimales entre ces deux parties des divers échantillons de fourrages analysés :

PREMIÈRE COUPE.

Florin	42.62
Tiges nues	57.38

SECONDE COUPE.

Florin	65.91
Tiges nues	34.09

TROISIÈME COUPE.

Florin	61.54
Tiges nues	38.46

Ces chiffres établissent déjà que les parties dont les animaux se montrent le plus friands sont bien moins abondantes dans la première coupe que dans les suivantes.

Le florin et les tiges nues furent pulvérisés séparément à l'aide d'un moulin à bras, puis on fit, pour chacun des échantillons ainsi préparés, la détermination des proportions d'azote, de cendres totales et d'acide phosphorique. Il était, en effet, très intéressant de savoir si, dans les cendres, la proportion d'acide phosphorique se maintiendrait constante ou varierait.

Les dosages d'azote, effectués par la méthode de Will et Warrentrapp, modifiée par M. Péligot, ont donné les résultats suivants :

FLORIN.

Première coupe	2.90
Seconde coupe	3.76
Troisième coupe	4.06

TIGES NUES.

Première coupe	1.60
Seconde coupe	1.93
Troisième coupe	2.12

Ces chiffres sont suffisamment probants et concordent avec ceux de M. Isidore Pierre ; ils montrent, en outre, que la richesse en azote du florin croît dans une proportion beaucoup plus notable que celle des tiges, car, en prenant comme unité la richesse de la première coupe, on trouve les relations suivantes :

FLORIN.

Première coupe	1.000
Seconde coupe	1.296
Troisième coupe	1.400

TIGES NUES.

Première coupe	1.000
Seconde coupe	1.206
Troisième coupe	1.325

La détermination des proportions de matières minérales a été faite en incinérant les divers échantillons à une température tout d'abord aussi basse que possible, puis, à la fin de l'incinération,

en élevant progressivement la température de manière à obtenir des cendres blanches, exemptes de charbon, sans agglomérations par suite d'une fusion partielle des éléments constitutifs.

Il y a lieu, néanmoins, de tenir compte de ce que les plantes sur lesquelles on a opéré n'ayant pas été récoltées spécialement en vue de ce travail, des poussières adhéraient aux tiges et aux feuilles, ce qui altère, dans une certaine mesure, l'exactitude rigoureuse des déterminations.

Un lavage préalable des tiges et des feuilles fraîchement récoltées et leur dessiccation en lieu clos peuvent seuls éviter cet inconvénient qui, je dois le dire, n'a pas eu, dans le cas actuel, une influence très considérable, car la proportion de matières minérales insolubles dans les acides ne s'est guère élevée à plus de trois pour cent des cendres totales.

Voici les proportions centésimales de cendres obtenues :

FLORIN.

Première coupe	9.89
Seconde coupe	11.63
Troisième coupe	12.92

TIGES NUES.

Première coupe	4.32
Seconde coupe	6.42
Troisième coupe	8.53

Contrairement à ce qui se passe pour la richesse en azote, la richesse en matières minérales croît d'une manière bien plus notable dans les tiges que dans le florin; les nombres ci-dessus conduisent aux relations suivantes :

FLORIN.

Première coupe	1.000
Seconde coupe	1.175
Troisième coupe	1.306

TIGES NUES.

Première coupe	1.000
Seconde coupe	1.486
Troisième coupe	1.974

Les cendres, traitées par de l'acide nitrique très étendu, ont toujours laissé un résidu insoluble exempt de charbon. On a ajouté, à la solution acide, du citrate ammoniaco-magnésien, puis de l'ammoniaque, suivant les recommandations de M. Joulie pour l'ana-

lyse des phosphates ; le précipité, obtenu après un repos de six heures, fut séparé des eaux mères, bien lavé à l'eau ammoniacale, redissous et reprécipité trois fois, séché, calciné et pesé ; du poids du pyrophosphate ammoniaco-magnésien on retrancha 0gr,001 pour les cendres du filtre et l'on tira le poids d'acide phosphorique anhydre.

Voici les proportions centésimales d'acide phosphorique anhydre trouvées dans les cendres :

FLORIN.	
Première coupe	4.02
Seconde coupe	4.32
Troisième coupe	4.56
TIGES NUES.	
Première coupe	4.05
Seconde coupe	2.64
Troisième coupe	2.15

Il semble résulter de ces différents chiffres que, pendant que, dans le florin, la proportion d'acide phosphorique croît de la première à la troisième coupe, dans les tiges, au contraire, la proportion d'acide décroît de la première à la troisième coupe. Si, au lieu de comparer les proportions d'acide contenues dans cent parties de cendres, on compare celles contenues dans cent parties de la plante desséchée, on arrive à des résultats bien différents, ainsi que le montrent les tableaux suivants :

Acide phosphorique anhydre contenu dans 100 parties de plantes desséchées.

FLORIN.	
Première coupe	0.3975
Seconde coupe	0.5025
Troisième coupe	0.5861
TIGES NUES.	
Première coupe	0.1749
Seconde coupe	0.1684
Troisième coupe	0.1834

On voit alors que la proportion centésimale d'acide phosphorique croît d'une manière frappante, dans le florin, de la première à la troisième coupe, tandis qu'elle oscille entre des limites assez restreintes pour les tiges nues, ne présentant justement une faible diminution que pour la seconde coupe, alors que la proportion centésimale dans les cendres semble accuser un excédant sensible

sur la troisième coupe. Les chiffres relatifs à la première et à la troisième coupe semblent indiquer un accroissement de richesse, là où les proportions d'acide contenu dans les cendres semblaient indiquer, au contraire, une diminution extrêmement importante.

En combinant les chiffres de ces divers tableaux, de manière à déterminer les proportions d'azote et d'acide phosphorique dans les plantes entières, on trouve qu'il y a accroissement constant de la première à la troisième coupe; la combinaison des chiffres relatifs à la teneur du florin et des tiges avec les proportions de ces deux parties dans les plantes fournissant les résultats suivants :

Azote dans 1000 parties de plantes sèches.

Première coupe	21.541
Seconde coupe	31.361
Troisième coupe	33.138

Acide phosphorique dans 1000 parties de plantes sèches.

Première coupe	2.6977
Seconde coupe	3.3854
Troisième coupe	4.2573

Si les relations entre l'azote et l'acide phosphorique contenus dans chacune des parties des plantes restaient constantes, on pourrait en conclure que l'acide phosphorique est entièrement combiné dans les matières albuminoïdes; il n'en est point ainsi, comme le prouve le tableau suivant des relations de l'azote et de l'acide phosphorique tant dans chacune des parties des plantes que dans leur ensemble.

Proportion d'acide phosphorique pour 1 d'azote.

COUPES.	FLORINS.	TIGES.	PLANTES ENTIÈRES.
Première	0.1370	0.1093	0.1250
Seconde	0.1336	0.0872	0.1078
Troisième	0.1451	0.0865	0.1284

Ces recherches, je l'ai déjà dit, n'ont pas été faites sur des plantes suffisamment bien soignées pour qu'on puisse tirer des conclusions rigoureuses des résultats obtenus, elles manquent

également du contrôle d'une série d'expériences parallèles; elles confirment néanmoins entièrement les déductions qu'on pouvait tirer des recherches du savant professeur de Caen, et fournissent une explication rationnelle des préférences des praticiens instruits. Le bétail trouve, en effet, dans les secondes et troisièmes coupes des légumineuses fourragères une proportion plus élevée que dans les premières coupes, de matières albuminoïdes et de phosphates nécessaires à la constitution, aussi bien de ses muscles que de ses os.

Je me propose de reprendre ce travail avec des échantillons récoltés et préparés spécialement dans ce but, puis de le compléter par une série de déterminations qu'un accident de laboratoire a rendues impossibles.

UTILISATION DES RÉSIDUS INDUSTRIELS

LES TOURTEAUX DE MAÏS DES DISTILLERIES

Par A. LADUREAU

Directeur de la station agronomique du Nord.

Voici encore un résidu industriel qui était perdu jusqu'ici, au grand détriment de la santé publique, de l'agriculture et de la bourse des distillateurs, et dont on a tiré tout récemment un excellent parti, grâce aux ingénieux procédés d'extraction imaginés par MM. Porion et Mehay, de Wardrecques, près Saint-Omer.

Il s'agit des résidus de la distillation du maïs que ces habiles industriels sont parvenus à transformer en tourteaux brunâtres secs et durs, parfaitement propres à l'engraissement du bétail et à l'engrais du sol, comme nous le montrerons tout à l'heure.

Depuis quelques années, les distillateurs du Nord ont adjoint la distillation du maïs à celle de la betterave et de la mélasse, tant dans le but d'utiliser leur matériel et leur personnel toute l'année, que dans celui de profiter des avantages que donne cette industrie dans les moments où l'Amérique écoule en Europe l'excédant de son énorme production de céréales et de maïs, et où, par suite, le prix de cette matière première se trouve suffisamment abaissé.

Voici, d'après nos analyses, quelle est la composition des maïs utilisés en distillerie :

	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5[1]
Humidité	7.10	6 80	13.85	10.80	10.91
Amidon	65.07	71.73	63.19	67.66	80.28
Huile grasse	3.75	3.80	2.87	3.29	1.07
Gluten et albumine	9.37	6.15	7.38	9.36	4.92
Matières extractives	4.73	4.12	4.95	3.91	0.93
Sels minéraux	1.53	1.30	2.27	2.24	0.82
Cellulose	8.45	6.10	5.49	3.74	1.07
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Ces maïs sont concassés, écrasés et traités dans de grandes cuves en cuivre fermées, par les acides énergiques, sulfurique et chlorhydrique, suffisamment étendus d'eau et maintenus à l'ébullition jusqu'à ce que tout l'amidon du grain de maïs ait été transformé en un produit nouveau, la glucose ou sucre fermentescible. Cette glucose entre complètement en dissolution ; on la soumet à la fermentation, puis à la distillation dans les appareils ordinaires, après avoir eu soin de neutraliser l'acide employé par une quantité suffisante de craie pulvérisée.

On obtient ainsi de 30 à 35 litres d'alcool fin à 90° par 100 kilos de maïs, suivant la richesse primitive du grain et la manière de conduire l'opération. On trouve dans le fond des cuves, après la distillation, un résidu brunâtre et pâteux composé de toutes les parties du grain que l'acide n'a pas rendues solubles, c'est-à-dire la cellulose, les matières protéiques azotées et l'huile grasse.

En filtrant ces résidus, et en les pressant par les procédés spéciaux imaginés par MM. Porion et Mehay, on arrive à les séparer de la plus grande partie de l'eau qu'ils contenaient et à les mettre sous formede tourteaux, c'est-à-dire sousla forme la plus commode pour tous les emplois agricoles.

Voici maintenant quelques analyses que nous avons faites dernièrement de ces tourteaux provenant des fabrications de MM. Porion, à Wardrecques, Dentu-Dambricourt, à Steene, Bonzel à Haubourdin, Heddebault, à Houplin, etc., qui ont déjà appliqué dans leurs usines les procédés de MM. Porion et Mehay pour l'utilisation de leurs résidus de maïs.

1. Farine blutée.

	Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4	Nº 5
Humidité	10.50	9.01	7.25	8.52	8.01
Gluten	33.12	32.50	41.25	36.25	35.62
Huile grasse	11.55	10.27	13.52	12.14	11.50
Amidon et dextrine	8.04	9.03	3.27	4.73	5.47
Cellulose	24.65	26.85	25.42	27.13	28.20
Mat. extractives	9.39	8.54	6.54	6.92	7.47
Phosphate de chaux	1.14	2.72			
Sels de potasse et soude	0.29	0.50	3.75	4.21	3.73
Autres sels	1.32	0.58			
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Azote	5.30 %	5.20 %	6.60 %	5.80 %	5.70 %

Comme on le voit, les tourteaux de maïs renferment une quantité élevée de matières alibiles, et peuvent constituer un excellent aliment; son goût n'est pas désagréable, et il est facilement accepté par les animaux, surtout lorsqu'on les y habitue doucement.

Voici, au reste, sur ce point, l'avis du savant professeur de Grignon, M. Sanson :

« Le tourteau de maïs contient de 6 à 7 p. 100 d'azote, ce qui correspond à 37,50 à 43,75 p. 100 de protéïne ou matière azotée nutritive, dont la digestibilité ne peut guère aller à moins de 80 p. 100. Sa richesse est alors au moins égale à celle des meilleurs tourteaux de lin et de colza.

» Elle ne pourrait être atténuée que par une teneur un peu moindre en matières grasses. Dans ces conditions, toute la difficulté se ramène à une question de prix.

» Je ne doute pas, pour mon compte, que le tourteau de maïs ne puisse fournir un excellent aliment pour les animaux, à condition de le faire entrer dans une ration bien constituée.

» Quand il s'agit de ces sortes d'aliments qu'on peut appeler concentrés, et dont la fonction est de fournir de la protéine à la ration, l'important est d'obtenir cette protéine à un prix de revient qui ne soit pas trop élevé. A cet égard, il y a, dans les prix des denrées qui la fournissent, des écarts qui vont du simple au double, et même plus.

» Les unes la fournissent à raison de 0 fr. 80 à 1 franc, tandis que d'autres la font payer jusqu'à 6 francs le kilogramme : c'est le cas du tourteau de lin.

» Dans le maïs d'Amérique, par exemple, elle coûte environ

1 fr. 33; en payant le tourteau de maïs le même prix que ce maïs, c'est-à-dire 16 francs les 100 kilos, elle ne reviendrait plus qu'à 0 fr. 42 ou environ trois fois moins cher. »

Au point de vue de son utilisation comme engrais, l'emploi du tourteau de maïs doit également être préconisé. Les essais agricoles que nous en avons faits l'année dernière ont montré que ce produit était susceptible d'être employé avec autant d'avantages que les tourteaux d'arachides de richesse égale.

L'azote n'y est guère payé qu'à 2 francs le kilogramme, ce qui est un taux assez bas. On voit donc par ce qui précède, qu'en créant cette nouvelle industrie, en tirant parti de ces résidus jusqu'alors perdus, M. Porion et M. Mehay ont rendu un véritable service à l'agriculture, qu'ils ont créé en quelque sorte une valeur.

En ce qui nous concerne, nous engageons les agriculteurs qui liront ces lignes à essayer l'emploi de ce nouveau produit, soit comme aliment pour le bétail, soit pour l'engrais de leurs terres : ils se rendront ainsi un compte aisé des avantages qu'il peut leur offrir.

SÉCHERESSE DE LA PROVINCE D'ORAN EN 1881

PAR

M. BOITEL

Inspecteur général de l'agriculture.

Pendant que je dirigeais les opérations du concours d'Alger, tout le monde m'entretenait des effets désastreux de la sécheresse dans la province d'Oran. Les exposants des machines se plaignaient de leur côté de ne pas faire de ventes dans cette partie de l'Algérie. C'était l'indice certain d'une mauvaise récolte où il n'y avait rien à moissonner ni rien à battre pour les machines amenées au concours d'Alger.

Aussitôt le concours terminé, j'ai consacré une semaine à explorer les localités qu'on me disait avoir été plus particulièrement atteintes par la sécheresse persistante de 1880-1881.

La sécheresse a détruit complètement toutes les récoltes dans la province d'Oran et elle a fait un mal sensible dans la partie occidentale de la province d'Alger.

On remarque depuis quelques années que les pluies se répartissent très inégalement sur le territoire de la colonie algérienne; très abondantes dans l'est de la colonie et dans la Tunisie, où elles ont gêné les opérations de notre corps expéditionnaire, elles deviennent de plus en plus rares à mesure qu'on s'approche dans l'ouest, du côté de la frontière marocaine. Dans la province d'Oran, il y a plus d'un an que le sol n'a pas été trempé par une bonne pluie. Dans la province d'Alger, le mal se manifeste dans la plaine de la Mitidja à partir de la Chiffa. Le blé, l'orge, l'avoine et les fourrages y ont souffert de la rareté des pluies, mais ces cultures ne sont pas mortes et elles pourront encore donner une demi-récolte bien utile pour l'alimentation des hommes et des animaux.

A partir d'El-Affroun jusqu'à Oran, sur un parcours de 352 kilomètres, les récoltes sont affreuses et seront à peu de choses près nulles en grains et en substances fourragères. Il n'y a d'exceptions que pour des territoires de peu d'importance placés dans la zone d'action des barrages du Sig, de l'Habra et de quelques autres barrages moins importants. Dans ces situations spéciales, l'œil se repose agréablement sur des surfaces verdoyantes qui contrastent singulièrement avec l'aspect désolé et desséché des plaines environnantes.

Cependant il ne faut pas se faire d'illusion sur la valeur de ces céréales échappées à la destruction par le secours des irrigations; l'eau d'arrosage distribuée par la main de l'homme est loin d'être aussi bienfaisante que l'eau du ciel administrée sous forme de pluie; elle mouille inégalement le terrain; des places reçoivent trop d'eau, d'autres pas assez, d'autres pas du tout. De là une inégalité dans les céréales irriguées, qui frappe l'observateur le moins attentif et qu'on n'observe pas dans les blés qui poussent sous l'influence d'une température normale et suffisamment humide.

Une autre remarque à faire sur les blés irrigués c'est qu'ils sont envahis et dominés par les mauvaises herbes. Les anthémis, la grande carotte (daucus maximus), la folle avoine (avena fatua) y acquièrent des dimensions extraordinaires. Certains champs contiennent la folle avoine en si grande abondance que le colon fauche la récolte en vert pour en faire du foin dont il aura grand besoin pour nourrir ses animaux de travail. Ces blés irrigués sont trop sales pour donner des grains; on sera bien heureux d'en tirer

un demi-rendement, soit 8 à 10 hectolitres de grain par hectare. La paille mélangée d'herbe sera assez abondante et bien nécessaire pour l'entretien des animaux.

En dehors de ces localités privilégiées et pourvues d'eaux d'arrosage, on peut affirmer que toutes les récoltes sont nulles dans la province d'Oran. J'ai parcouru la vallée du Chélif d'Affreville à Saint-Aimé sur une longueur de 134 kilomètres ; partout les récoltes sont mortes sur pied. Il en est de même dans les plaines de l'Habra et du Sig, sur les flancs des montagnes et même sur les plateaux. Des voyageurs que j'ai interrogés m'ont affirmé que l'état des récoltes est aussi mauvais dans les régions d'Oran à Tlemcen et d'Oran à Sidi-bel-Abbès. Je me suis arrêté dans quelques fermes de la vallée du Chélif et j'ai vu de près le mal occcasionné par cette terrible sécheresse. Des Arabes plus qu'octogénaires n'ont pas souvenance d'une pareille sécheresse et d'un désastre aussi profond. Par les autres années de sécheresse qui ne sont que trop fréquentes dans la province d'Oran, les récoltes n'ont jamais été complètement perdues ; le plus souvent on en retirait 2 ou 3 fois la semence et toujours un peu de paille et de fourrages servant à entretenir et à sauver de la famine les bêtes de travail si nécessaires pour continuer sans interruption les travaux de la ferme.

Cette fois rien ne reste sur le sol et les surfaces sont nues comme le pavé d'une grande route.

Il y a des champs où le grain, n'ayant pas pu germer faute d'humidité, a été ramassé et détruit par les insectes et les oiseaux ; sur d'autres champs, la plante a germé, mais elle s'est arrêtée en chemin et s'est desséchée sans pouvoir épier et sans pouvoir développer ses organes foliacés. Il n'y a rien à en tirer, pas même un peu de fourrage pour les troupeaux. Au moment de mon passage dans cette contrée désolée, on voyait des moutons, des chevaux et des bêtes à cornes au milieu de ces récoltes avortées. Le colon et l'indigène voulaient utiliser ainsi ce qui restait de ces mauvaises récoltes.

Comment faire pour nourrir les troupeaux dans un pays privé de toutes ressources alimentaires? Les Arabes n'ont aucune réserve ; jamais ils ne conservent la paille de leurs céréales. Les colons n'ont pas de réserve de fourrages dans un pays mal pourvu de prairies naturelles et artificielles ; mais la dernière année, celle de 1880, ayant été abondante sous le rapport des céréales, il reste

encore de belles meules de paille qu'on utilisera pour sauver le bétail et l'empêcher de mourir de faim.

Ce ne sont pas seulement les céréales qui font défaut, mais ce sont aussi les herbes des terres vagues qui en temps ordinaire servent à l'alimentation régulière des troupeaux. Beaucoup de cultivateurs jettent sur les marchés arabes tous les animaux (moutons, bêtes à cornes et chevaux) qui les embarrassent et qui ne tarderaient pas à mourir de faim si on les abandonnait sur des surfaces complètement dénudées et dépouillées de végétation. La sécheresse est tellement intense qu'on voit périr, faute d'humidité, des arbres fruitiers, des palmiers nains, des figuiers de Barbarie. Cette dernière ressource tant appréciée des Arabes manquera en partie aux indigènes. En temps ordinaire, l'Arabe vit de figues de Barbarie pendant trois mois de l'année. Cette production naturelle habituellement très-abondante dans les tribus va manquer en grande partie cette année. On peut deviner, d'après cela, les difficultés qu'éprouveront les indigènes pour échapper aux horreurs de la famine et pour conserver quelques épaves de leurs troupeaux. De tous les animaux c'est la chèvre qui se montre la plus résistante et la plus ingénieuse à trouver sa nourriture. Quand le mouton meurt affamé par le manque d'herbes, l'espèce caprine s'en prend aux arbustes et se contente de la feuille de jujubier sauvage, arbuste qui couvre encore d'immenses surfaces dans la province d'Oran. Dans ma dernière excursion sur les bords du Chélif, j'ai vu des troupeaux de chèvres qui n'avaient d'autre nourriture que la dépaissance d'une petite forêt de jujubiers.

Notons en passant que le gros ognon (la scille maritime dont le bulbe a 0,15 de diamètre), le palmier nain et l'asphodèle, plantes vivaces et résistantes s'il en fut, meurent et se dessèchent sur place, phénomène excessivement rare qui démontre l'intensité extrême de la sécheresse actuelle.

Qui pourrait supputer les conséquences funestes du terrible fléau qui accable en ce moment la province d'Oran?

Beaucoup de cultivateurs seront complètement ruinés. A partir du mois de mai, il n'y a plus de pluies à espérer et par conséquent plus d'herbes à attendre pour alimenter les troupeaux. L'été sera terrible et bien difficile à passer pour les quelques animaux que l'on cherchera à conserver. Les pluies, si elles reviennent, n'apparaîtront qu'en automne et les herbes ne pous-

seront qu'en hiver vers le mois de février et de mars de 1882.

Comment venir en aide à ces malheureuses populations arabes exposées à mourir de faim si elles sont réduites aux seules ressources du pays?

Les autres provinces, celles d'Alger et de Constantine, où les récoltes promettent d'être assez abondantes, seront à même devenir au secours de la province d'Oran en ce qui concerne les substances alimentaires destinées à la nourriture des indigènes. Le sud de l'Espagne, qui possède, dit-on, de belles récoltes, déversera dans la province d'Oran une partie de ses grains; seulement les indigènes manquent d'argent pour acheter les grains dont ils auront besoin.

Si on veut les sauver de la famine, il faudrait se hâter d'entreprendre des travaux publics où les Arabes viendraient gagner les salaires dont ils auront grand besoin pour acheter des substances alimentaires. On peut dans ce but ouvrir de nouvelles routes dans les localités qui en manquent; faire des barrages et des canaux de dérivation partout où il y a des eaux à utiliser; multiplier les sondages et l'établissement des norias dans les endroits où l'on soupçonne des nappes souterraines et où l'on manque de bonne eau potable et d'eaux douces pour la production des légumes et des cultures arbustives.

La province d'Oran est célèbre par ses plaines dénudées et ses montages nues et privées de végétation forestière.

On attribue la rareté des pluies au déboisement des montagnes et à l'absence de plantations dans les plaines et les vallées. Si, à l'occasion de cette terrible sécheresse, on se préoccupait sérieusement de développer cette végétation forestière si utile pour la conservation des sources et pour la formation des nuages pluvieux, on rendrait deux grands services à cette malheureuse province; on donnerait d'une part du travail et du pain aux indigènes, et on préparerait pour l'avenir un sort meilleur aux cultivateurs de cette contrée.

Si on veut atténuer autant que possible les résultats d'une année désastreuse, et faire en sorte que le mal ne se prolonge pas dans les années subséquentes, il faudrait s'efforcer de réensemencer à l'automne prochain toutes les terres cultivables. Les Arabes et les colons abandonnés à eux-mêmes manqueront d'animaux pour les labours et de blés de semence pour les semailles prochaines. Il est à souhaiter que le gouvernement trouve dans les ressources du

budget de quoi délivrer aux cultivateurs de la province d'Oran des blés et des orges de semence, choisis parmi les variétés qui conviennent le mieux au pays et à ses habitants.

Je n'ai fait qu'effleurer la question des mesures à prendre en vue de rétablir l'équilibre du climat de la province d'Oran en ce qui concerne la répartition annuelle des pluies. Je me propose de revenir une autre fois sur cette question vitale pour cette belle province.

On y possède de grandes plaines et de belles vallées dont la plus importante, celle du Chélif, est comparable à celle du Rhône. Le sol y est d'une fertilité prodigieuse, les gelées y sont peu à craindre et la chaleur n'y manque jamais. Si on pouvait y maintenir une humidité constante par une bonne répartition des eaux pluviales, ce serait une province éminemment riche et productive.

D'après la statistique, la province d'Oran, qui ne donnera rien cette année, a produit en 1875 plus de blé que la province d'Alger (Oran 2,034,237 quintaux contre 1,539,546 quintaux à Alger); trois fois plus d'orge (3,875,562 quintaux dans la province d'Oran, contre 1,535,936 quintaux dans la province d'Alger). Ces chiffres nous donnent un aperçu de la perte énorme qui pèse cette année sur cette malheureuse province.

Par rapport à l'année 1875, la province d'Oran offre un déficit de plus de 5 millions de quintaux de blé et d'orge. Si à cette perte on ajoute celle des fourrages et des animaux qu'on vend en ce moment à vil prix, on trouvera qu'en évaluant à 150 millions de francs le préjudice que cause la sécheresse à la province d'Oran, on doit être encore au-dessous de la vérité.

On espère que la vigne qui, depuis quelques années a pris un grand développement dans cette province, viendra compenser un peu pour certains exploitants les dommages de la sécheresse, mais là encore, le fléau de la sécheresse va donner quelques inquiétudes. Les jeunes plantations, celles de cet hiver, n'offrent pas une bonne reprise. Beaucoup de boutures ne pousseront pas si des pluies abondantes ne viennent pas les humecter avant le mois de juillet. Quant aux vignes en plein rapport, elles sont en ce moment chargées de raisin et font naître les plus belles espérances, mais si la pluie ne vient pas, les raisins ne grossiront pas, et la récolte de vin sera aussi mauvaise que celle de céréales.

Il m'a paru intéressant d'exposer en toute sincérité la situation

agricole d'une province qui a tant à souffrir de la sécheresse, et dont les misères incalculables sont bien dignes de l'attention publique et de la sollicitude du gouvernement.

SUR LA COMPOSITION DU SARRASIN

PAR

M. G. LECHARTIER

Professeur à la Faculté des Sciences, directeur de la station agronomique de Rennes.

En publiant le résultat de l'analyse d'un sarrasin récolté en 1879 aux environs de Rennes[1], nous avons cru pouvoir comparer cette plante au blé d'hiver, et, en signalant les analogies et les différences de leur composition, nous étions resté convaincu de la nécessité de poursuivre nos recherches pour étudier les variations qui peuvent se produire dans la composition du sarrasin, lorsque les circonstances qui accompagnent son développement dans une culture régulière subissent elles-mêmes des modifications sensibles.

Les influences qui font varier les rendements de nos récoltes sont nombreuses et de natures diverses : la composition du sol, la qualité et la quantité des engrais, les circonstances atmosphériques, agissent simultanément, et il serait souvent très difficile de mettre en évidence l'effet particulier provenant de l'action de chacun de ces facteurs; seulement, la résultante de leur action simultanée se mesure par la nature même du produit obtenu.

Pour caractériser une récolte, il importe de faire connaître non seulement son poids total, mais aussi le rapport du poids de la paille à celui du grain. Dans le cas d'une récolte normale, lorsque les diverses circonstances qui ont présidé à son développement ont été favorables, ce rapport est régulier et reste à peu près constant; il change lorsque la végétation s'est opérée dans des conditions différentes. Des engrais trop fortement azotés ou des saisons trop humides favorisent le développement des organes foliacés; une sécheresse prolongée l'entrave. Ces influences agissent également en divers sens sur la formation du grain.

Des variations dans la valeur de ce rapport s'observeront surtout

1. *Ann. agron.*, tome VI, p. 149.

pour le sarrasin, dont le mode de végétation diffère complètement de celui des céréales. Pour le blé d'hiver, il s'écoule un intervalle de plusieurs mois entre la germination et la floraison; les opérations importantes de la floraison et de la fécondation s'opèrent sur la totalité de l'épi dans un temps relativement court. A partir de cette époque, tout concourt au développement de la graine. Sous l'influence de la chaleur de l'été qui produit une diminution croissante dans la quantité d'humidité existant dans le sol, la tige cesse de croître et se dessèche successivement dans toute sa longueur, depuis la racine jusqu'à l'épi. En même temps il s'effectue une migration des principes minéraux vers la graine qui s'alimente aux dépens des matériaux accumulés dans les autres organes.

Le sarrasin est une plante dont la végétation rapide peut s'accomplir en trois mois d'été. Des panicules de fleurs naissent à l'aisselle des feuilles avant que la plante ait atteint sa taille moyenne; la plante s'étend et se ramifie en se couvrant de fleurs pendant que des graines arrivent à maturité. La floraison a lieu successivement et la formation des graines suit la même marche au fur et à mesure du développement de la plante. Suivant la répartition des pluies pendant l'été, tantôt sa végétation herbacée n'est pas complètement interrompue au moment de la récolte, tantôt les tiges restées courtes ont cessé d'accroître après avoir nourri une quantité de graines relativement forte.

Lorsque le rapport du poids de la paille à celui du grain varie, la composition de chacune de ces parties de la récolte reste-t-elle constante? Si elle subit des variations, quelle peut en être l'étendue? L'étude que nous publions fournira des renseignements sur ces questions en ce qui concerne le sarrasin.

Nous avons suivi dans nos recherches la même marche qu'en 1880. Nous avons vérifié certains nombres qui, tout d'abord, nous avaient paru peu réguliers.

Dosage de la potasse et de la soude dans les cendres de végétaux.

C'est dans ce travail de vérification que nous avons modifié légèrement, de manière à le rendre plus rapide, le procédé de dosage de la potasse que nous avions précédemment adopté.

Les procédés à l'aide desquels on dose la potasse sans s'inquiéter

des quantités de soude qui y sont associées ne sauraient être employés dans de semblables recherches où l'on doit doser simultanément la potasse et la soude. Nous avons estimé que nous devions, après élimination des autres bases et des acides silicique, phosphorique et sulfurique, peser la potasse et la soude à l'état de chlorures et les séparer à l'aide du chlorure de platine. Voici la marche suivie : Les cendres sont dissoutes dans l'acide azotique, et la solution est évaporée à sec après addition d'azotate de baryte pur en quantité suffisante pour précipiter l'acide sulfurique et fournir avec la chaux de quoi former des phosphates tribasiques insolubles dans l'eau.

Lorsque les vapeurs d'acide azotique ont disparu, on arrose le résidu avec quelques gouttes d'eau additionnée d'ammoniaque pour faire disparaître toute trace d'acidité, et, après dessiccation, on lave avec de l'eau bouillante le contenu de la capsule, en décantant la liqueur sur un petit filtre. On laisse à l'état insoluble l'oxyde de fer, la silice, le sulfate de baryte, les phosphates de chaux et de baryte. Ce mélange est grenu et pulvérulent; il se lave beaucoup plus facilement que le précipité volumineux que l'on obtiendrait en versant de la baryte caustique dans une solution de phosphates.

Les eaux de lavages tiennent en dissolution, à l'état d'azotates, potasse et soude, magnésie, baryte et peut-être aussi chaux.

On précipite par l'oxalate d'ammoniaque la baryte et la chaux. Le précipité est peu abondant lorsqu'on n'a pas ajouté un trop grand excès d'azotate de baryte, et comme il est pulvérulent, son lavage est facile. Les liqueurs de filtration sont évaporées à sec dans une capsule de platine; on élimine les sels ammoniacaux par la chaleur avec les précautions ordinaires, et le résidu, dissous dans un peu d'eau, est évaporé à sec avec l'acide oxalique. L'acide azotique est chassé : on calcine les oxalates qui sont transformés en carbonates. Par un lavage à l'eau bouillante, on dissout les carbonates de potasse et de soude laissant la magnésie et le carbonate de baryte, dans le cas où l'élimination de la baryte par l'oxalate d'ammoniaque n'aurait pas été complète. Par une addition d'acide chlorhydrique, on transforme en chlorures les carbonates alcalins, et par évaporation dans un creuset de platine, on obtient un résidu de chlorures de potassium et de sodium que l'on dessèche et que l'on

pèse. On y ajoute une solution de chlorure de platine en quantité suffisante, et on évapore à sec au bain-marie. On reprend le résidu par un mélange d'alcool et d'éther pour dissoudre le chlorure de platine en excès et le chloroplatinate de sodium.

On pèse le chlorure double de platine et de potassium après dessiccation. De son poids on déduit les poids correspondants de potasse et de chlorure de potassium. On retranche ce dernier du poids que l'on a obtenu pour le mélange des deux chlorures; par différence on connaît le poids du chlorure de sodium qui sert à calculer celui de la soude.

Nous ferons deux remarques à propos de ce dosage :

1° Nous avons trouvé plus exact de peser le chlorure double de platine et de potassium que de le décomposer par la chaleur pour peser le platine. Ce dernier procédé est avantageux quand on traite une petite quantité de chlorure double, parce que, dans ce cas, sa décomposition par la chaleur seule est rapide et complète. Mais lorsque le poids de chloroplatinate atteint un demi-gramme ou un gramme, ce qui arrive souvent dans une analyse de cendres, il devient difficile de le décomposer par la chaleur.

2° Les chlorures de potassium et de sodium que l'on obtient en suivant le procédé que nous venons d'indiquer sont purs. On élimine ainsi la baryte beaucoup mieux qu'en la précipitant par l'acide carbonique et le carbonate d'ammoniaque.

C'est à l'aide de ce procédé que nous avons vérifié les dosages de potasse et de soude. Le poids de la soude, quoique très faible, n'a jamais été nul.

Poids relatifs de la paille et du grain. Proportion des cendres.

Nous avons opéré sur deux échantillons différents : le premier, prélevé sur la commune de Cesson, provenait d'un terrain schisteux, identique à celui qui avait produit le sarrasin déjà analysé par nous. Le second a été recueilli sur le territoire de Saint-Jacques; il avait végété sur un sol graveleux, mélangé de poudingues. Les récoltes ont été effectuées les 17 et 22 septembre 1880. Les poids que nous indiquons pour la paille et le grain se rapportent à ces matières complètement desséchées à 100°; après dessiccation à l'air, elles contiennent encore 10 à 15 p. 100 d'eau.

	Cesson 1879.	Cesson 1888.	Saint-Jacques 1880.
Grain nettoyé................		723 gr	388 gr,7
Paille et enveloppes florales..		1146 gr	637 gr,1
Rapport du poids de la paille au poids du grain..........	0.920	1.585	1,640
Paille incinérée.............		229 gr.0	191 gr.13
Cendres.....................		20 gr.786	19 gr.510
Proportion p. 100...........	7.968	9.089	10.20
Proportion p. 100 en défalquant l'acide carbonique..........	6.234	7.743	8.903
Grain incinéré...............		154 gr.0	116 gr.12
Cendres.....................		3 gr.62	2 gr.508
Proportion p. 100............	1.855	2.350	2.171

Les cendres provenant de l'incinération du grain ne contenaient pas d'acide carbonique.

RÉSULTAT DES ANALYSES.

Matériaux contenus dans 100 parties en poids de chacune des cendres.

	PAILLE		GRAIN.	
	Cesson.	Saint-Jacques.	Cesson.	Saint-Jacques.
Potasse.................	37.36	44.02	25.73	29.89
Soude...................	1.45	0.59	0.77	0.59
Chaux...................	18.69	11.54	10.17	4.79
Magnésie................	6.36	4.25	15.06	17.48
Oxyde de fer............	1.11	0.99	0.30	0.24
Acide phosphorique......	7.03	11.41	43.47	44.27
Silice..................	0.52	1.65	0.29	0 00
Acide sulfurique........	2.13	2.64	3.93	2.24
Chlore..................	10.24	15.11	0.63	0.62
Acide carbonique.......	14.81	7.80	0.00	0.00
	100.00	100.00	100.35	100.12

On peut transformer ces nombres, résultat direct de l'analyse, et calculer la composition en centièmes des cendres en faisant abstraction de l'acide carbonique, produit de l'incinération dont la proportion peut varier d'une opération à l'autre. Nous avons également introduit dans le même tableau la composition des cendres du sarrasin récolté en 1879 et celle qu'on peut déduire des tables de Wolff.

Composition en centièmes des cendres de sarrasin.

	PAILLE				GRAIN			
	Cesson 1879.	Cesson 1880.	Saint-Jacques 1880.	Tables de Wolff.	Cesson 1879.	Cesson 1880.	Saint-Jacques 1880.	Tables de Wolff.
Potasse	22.57	44.01	47.74	46.60	28.40	25.73	29.89	22.80
Soude	2.12	1.71	0.64	2.10	4.17	0.77	0.59	6.50
Chaux	34.94	21.66	12.52	18.30	6.33	10.17	4.79	3.20
Magnésie	16.22	7.49	4.61	3.67	18.10	15.06	17.48	13.00
Oxyde de fer	1.79	1.66	1.07		0.73	0 30	0.24	
Acide phosphorique	3.32	8.29	12.38	11.60	38.05	43.47	44.27	47.80
Silice	4.82	0.61	1.79	5.40	traces.	0.29	0.00	
Acide sulfurique	3.76	2.51	2.86	5.20	3.54	3.93	2.24	2.06
Chlore	10.44	12.06	16.39	7.70	0.67	0.63	0.62	2.06

A l'inspection de ce tableau, on reconnaîtra facilement que les sarrasins des récoltes de 1879 et de 1880 fournissent des cendres de composition différente, pour le grain comme pour la paille. Les divergences sont beaucoup plus accentuées pour les cendres de paille.

1° En 1880, les cendres de paille contiennent plus de potasse qu'en 1879. La proportion a doublé d'une année à l'autre.

La proportion d'acide phosphorique s'est notablement accrue; elle est le double ou le triple de ce qu'elle était en 1879. Le poids du chlore a augmenté en même temps que celui de l'acide phosphorique et de la potasse.

2° Quant aux cendres du grain, l'augmentation de leur teneur en potasse et en acide phosphorique reste faible. Pour l'acide phosphorique, elle n'est qu'une fraction du poids primitif, au plus $\frac{1}{6}$ ou $\frac{1}{8}$ de ce poids.

En comparant les cendres de la paille et celles du grain dans les deux récoltes successives, on trouve que la différence entre les proportions de potasse s'est accrue en faveur de la paille et que la différence de leur richesse en acide phosphorique a diminué d'une manière sensible.

3° La teneur des cendres en acide sulfurique a subi peu de variation. La proportion de silice n'a pas augmenté dans la récolte de

1880. Dans le grain, elle reste nulle ou, au moins, très minime.

En 1879, le poids de la paille était inférieur à celui du grain; en 1880, il lui est notablement supérieur, et ce qu'on appelle paille du blé noir ressemble beaucoup, au point de vue de la richesse de ses cendres en matières minérales, au produit du fanage d'un végétal que l'on coupe en vert au moment de sa floraison. En 1879, la paille se trouvait davantage dans les conditions où l'on coupe la paille des céréales.

Nous remarquerons enfin que les cendres des échantillons de sarrasin de l'année 1880 sont de même nature que celles dont la composition figure dans les tables de Wolff.

Nous devons maintenant rechercher si les observations faites sur la composition des cendres doivent être étendues à la plante elle-même. Dans le tableau suivant, nous avons rapporté tous les nombres à la matière végétale supposée sèche.

Matériaux contenus dans 1000 parties en poids de paille et de grain.

	PAILLE SÈCHE				GRAIN SEC			
	Cesson. 1879.	Cesson 1880.	Saint-Jacques 1880.	Tables de Wolff.	Cesson 1879.	Cesson 1880.	Saint-Jacques 1880.	Tables de Wolff.
Cendres	79.68	90.89	89.08	61.14	18.57	23.50	21.71	10.71
Azote	8.90	12.29	11.55	15.47	19.13	23.17	22.06	16.76
Potasse	14.08	33.95	44.90	40.57	5.06	6.15	6.49	2.44
Soude	1.32	1.32	0.60	1.31	0.78	0.18	0.13	0.70
Chaux	22.37	16.99	11.77	11.31	1.12	2.39	1.04	0.35
Magnésie	10.11	5.78	4.34	2.26	3.22	3.54	3.80	1.40
Oxyde de fer	1.11	1.28	1.00		0.12	0.07	0.05	
Acide phosphorique	2.07	6.39	11.04	7.26	6.79	10.22	9.65	5.13
Silice	3.01	0.47	1.68	3.33	0.00	0.07	0.00	
Acide sulfurique	2.35	1.04	2.69	3.21	0.63	0.92	0.49	0.23
Chlore	6.40	9.32	15.41	4.76	0.12	0.15	0.14	0.23

Laissons de côté le sarrasin des tables de Wolff, qui se distingue par ce fait que son grain n'a donné à l'incinération qu'un poids de cendres très faible, et comparons les autres résultats.

La composition du grain ne varie que dans des limites très res-

treintes. A un accroissement de richesse de la paille en matières minérales, correspondent pour le grain des augmentations dans la proportion de cendres et dans la teneur en azote, en potasse, en acide phosphorique; mais elles restent minimes. Elles sont représentées par les fractions $\frac{1}{5}$ pour la potasse et $\frac{3}{7}$ pour l'acide phosphorique.

Dans la paille, la proportion de ces mêmes principes minéraux s'accroît notablement ; elle se trouve triplée pour la potasse, triplée et même quintuplée pour l'acide phosphorique, doublée pour le chlore ; il peut même arriver que la paille soit plus riche en acide phosphorique que le grain.

Ces faits concordent avec un plus grand développement des organes foliacés, de sorte que, pour une même quantité de grain, les poids de matières minérales contenues dans une récolte de sarrasin peuvent varier beaucoup, d'une part, à cause de la richesse plus grande de la paille en cendres, d'autre part à cause d'un poids de paille relativement plus fort. Le tableau suivant met ce fait complètement en évidence.

Matériaux contenus dans 1000 parties en poids de grain et dans le poids de paille correspondant.

	CESSON RÉCOLTE 1879.			CESSON RÉCOLTE 1880.			SAINT-JACQUES RÉCOLTE 1880.		
	Paille 947 k.	Grain 1 00 k.	Récolte totale.	Paille 1585 k.	Grain 1000 k.	Récolte totale.	Paille 1640 k.	Grain 1000 k.	Récolte totale.
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil,	kil	kil.	kil.
Azote...........	8.43	19.13	27.56	19.48	23.17	42.65	18.94	22.06	41.00
Potasse.........	13.33	5.06	18.39	53.81	6.15	59.96	73.64	6.49	80.13
Soude...........	1.25	0.78	2.03	2.09	0.18	2.27	0.98	0.13	1.11
Chaux...........	21.19	1.12	22.31	26.93	2.39	29.31	19.30	1.04	20.34
Magnésie........	9.58	3.22	12.80	9.16	3.54	12.70	7.11	3.79	10.90
Oxyde de fer.....	1.05	0.12	1.17	2.03	0.07	2.10	1.64	0.05	1.69
Acide phosphorique...	1.96	6.78	8.74	10.13	10.22	20.34	19.09	9.65	28.74
Silice...........	2.85	0.00	2.85	0.75	0.07	0.81	2.76	0.00	2.76
Acide sulfurique..	2.23	0.63	2.86	3.08	0.92	4.00	4.42	0.48	4.90
Chlore...........	6.06	0.12	6.18	14.76	0.15	14.91	25.28	0.13	25.41

Il peut arriver que la paille d'une récolte de sarrasin contienne

beaucoup plus de matières minérales qu'il n'y en a dans le grain ; il en est toujours ainsi pour la potasse, la chaux et le chlore. Ce fait s'observe même pour l'acide phosphorique lorsque la paille est abondante.

Il importe aussi de remarquer qu'en valeur absolue, la somme des principes fertilisants enlevés du sol par une récolte de sarrasin constitue un poids considérable, plus élevé que pour une récolte de blé conprenant la même quantité de grain.

Cependant le sarrasin n'est pas une plante exigeante. Si, pour prospérer dans un terrain, il exige certaines conditions physiques, il n'a pas besoin d'y rencontrer un degré de fertilité avancée. Il s'accommode bien d'une terre nouvellement défrichée ; il a aussi sa place dans la culture normale des champs régulièrement assolés où il précède souvent le froment.

Le sarrasin doit être considéré réellement comme une plante épuisante toutes les fois que sa végétation foliacée est favorisée par les circonstances atmosphériques. Une grande partie des éléments minéraux soustraits au sol par la récolte y retournera avec le fumier à la confection duquel concourt la paille; mais ce retour s'effectuera seulement après l'enlèvement du froment suivant.

En résumé, il résulte de la comparaison des nombres cités dans les tableaux précédents, qu'il y a lieu de distinguer des céréales les plantes analogues au sarrasin, dont le mode de végétation est tel qu'elles continuent à s'accroître et à produire des fleurs sans interruption alors qu'elles portent déjà des graines. Dans ces plantes le poids de la paille comparé à celui du grain varie d'une année à l'autre, et, dans une même année, d'un champ à l'autre, suivant la nature du terrain et l'époque des semis, dans des proportions considérables. Tandis que la graine se rapproche toujours par sa composition de celle des céréales, la paille peut devenir l'analogue des plantes fourragères que l'on coupe en pleine floraison.

La composition du grain se modifie peu, quoiqu'il paraisse contenir plus de potasse et d'acide phosphorique à mesure que le poids relatif de la paille augmente.

Au contraire, la richesse minérale de la paille s'accroît en même temps que son poids, surtout en acide phosphorique, en chlore et en potasse. Sa composition doit même se rapprocher dans certains cas de celle du sarrasin en fleurs. C'est un point que nous vérifierons directement par l'analyse. Alors sa paille diffère complète-

ment de celles des céréales qui s'est appauvrie notablement pendant la formation et la maturation du grain.

Des récoltes de sarrasin contenant des quantités égales de grain peuvent soustraire au sol des poids de matières minérales complètement différentes, qui varient dans la proportion du simple au double, pour quelques-unes d'entre elles, principalement pour le chlore, l'acide phosphorique, la potasse et même l'azote.

Enfin, comme la proportion d'amidon dans la graine du sarrasin varie peu, on ne saurait établir pour cette plante de même que pour les végétaux analogues, de relation fixe entre le poids de l'amidon et celui des principes minéraux contenus dans la récolte totale.

EXPÉRIENCES

SUR LA

VEGÉTATION DANS DES ATMOSPHÈRES RICHES EN ACIDE CARBONIQUE

PAR MM.

P.-P. DEHÉRAIN

Docteur ès sciences, professeur au Muséum d'histoire naturelle

ET

L. MAQUENNE

Docteur ès sciences, préparateur au Muséum d'histoire naturelle

Bien que les recherches relatives à la décomposition de l'acide carbonique par les cellules à chlorophylle soient nombreuses, les physiologistes se sont peu préoccupés jusqu'à présent de déterminer les quantités d'acide carbonique qui peuvent être décomposées par des plantes entières dans un temps donné, et surtout de reconnaître quelles modifications, de poids, de structure présenteraient des plantes vivant dans une atmosphère enrichie d'acide carbonique.

Quand on songe cependant à la petite quantité de ce gaz que renferme l'air atmosphérique, on est naturellement conduit à se demander s'il n'y aurait pas avantage dans le cas où l'on recherche une végétation rapide à maintenir les plantes dans une atmosphère renfermant quelques centièmes d'acide carbonique.

On est d'autant plus étonné que ces recherches n'aient pas été entreprises, que d'après Th. de Saussure, des plantes placées dans

une atmosphère renfermant le douzième de son volume d'acide carbonique s'était développée plus rapidement qu'à l'air libre[1].

On doit cependant à M. Corenwinder un mémoire très intéressant dans lequel il a réussi à montrer que les végétaux peuvent décomposer une quantité d'acide carbonique considérable[2] :

Cet éminent physiologiste a trouvé en effet que trois plants de pois ont décomposé en une heure 76 centimètres cubes d'acide carbonique, ce serait donc 760 centimètres cubes en une journée de dix heures; or 760 centimètres cubes pèsent sensiblement $1^{gr},520$ renfermant $\frac{6 \times 1,52}{22} = 0,415$ de carbone. Mais les hydrates de carbone contenus dans les végétaux, tels que la cellulose, l'amidon, etc., renferment environ 40 0/0 de carbone, de telle sorte que dans une journée, la plante aurait augmenté son poids de 1 gramme de matière sèche. Or les plantes employées par M. Corenwinder et qui avaient décomposé en une heure 76 centimètres cubes d'acide carbonique, pesaient à l'état sec $1^{gr},53$; en une journée, si elles avaient fonctionné avec la même énergie que pendant la courte durée de l'expérience, elles auraient donc augmenté des deux tiers de leur poids primitif.

Cette expérience n'est pas la seule que rapporte M. Corenwinder; il en cite plusieurs autres du même ordre, d'où l'on peut conclure, à la rigueur, qu'une atmosphère enrichie d'acide carbonique serait très efficace pour déterminer la croissance rapide des végétaux.

Toutefois les expériences de Th. de Saussure et surtout celles de M. Corenwinder n'ont eu qu'une faible durée; il est possible que si elles étaient prolongées pendant longtemps, la décomposition de l'acide carbonique ne se produisît plus avec la même énergie ou que les matières élaborées ne fussent pas entièrement utilisées à la croissance de la plante, de telle sorte que les avantages qu'on trouverait à augmenter la proportion d'acide carbonique ne seraient peut-être pas aussi grands qu'on l'imaginerait en se basant sur des observations continuées seulement pendant quelques heures.

Nous avons donc cru utile de reprendre un sujet à peine effleuré; et bien que les essais que nous allons rapporter soient bien loin de résoudre toutes les questions soulevées, ils ajoutent à ce que nous savons quelques points qu'il nous a paru intéressant de faire connaître.

1. *Recherches chimiques sur la végétation*, p. 31.
2. *Annales de chimie et de physique*, 1858, t. LIV, 3e série, p. 338.

§ Ier. — Disposition des expériences. — Appareil employé.

Pour étudier l'influence qu'exerce la richesse de l'acide carbonique de l'atmosphère dans laquelle vit une plante, et réciproquement l'action de la plante sur la composition de cette atmosphère, il faut absolument que les plantes soient maintenues sous des cloches de verre. Or la température s'y élève à un très haut degré pendant les chaleurs de l'été ; cette température excessive est souvent nuisible, et si l'on comparaît le développement des plantes maintenues à l'air libre à celles qui ont cru sous les cloches, on pourrait être conduit à nier l'efficacité de l'acide carbonique, car l'influence de cette température trop élevée peut contre-balancer l'action favorable qu'il est susceptible d'exercer. Aussi pour avoir un terme de comparaison exact, nous avons disposé dans quelques-unes de nos expériences trois cloches semblables présentant une capacité de 15 à 20 litres, et dans lesquelles les plantes ont été soumises aux trois régimes suivants :

1° Plantes placées dans l'air atmosphérique normal se renouvelant seulement par un orifice muni d'un tube à gaz ordinaire fixé dans un bouchon fermant la douille supérieure. La cloche non rodée était posée sur une plaque de verre sans masticage, et par suite l'air dilaté de la cloche pouvait être remplacé par de l'air extérieur. Ces expériences n'ont été installées que pendant la seconde saison 1881.

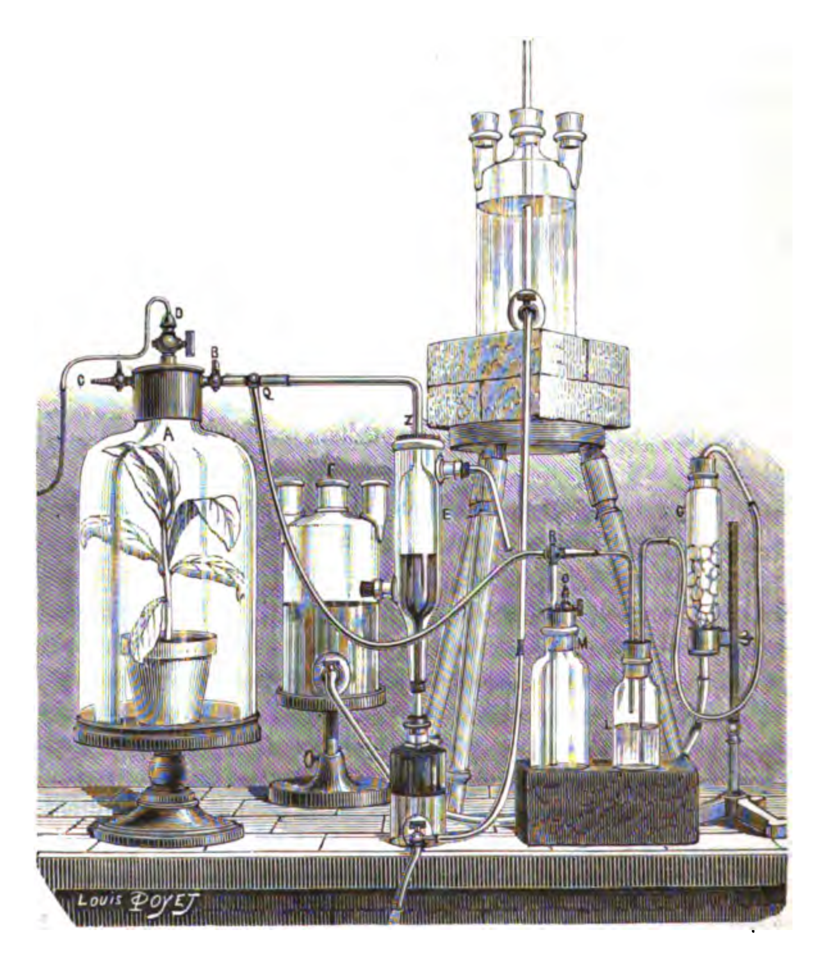
2° Plantes placées sous une cloche rodée et constamment parcourue par un courant d'air normal appelé par une trompe à eau débitant environ 50 litres à l'heure. Un tube plongeant dans la cloche permettait d'y faire arriver à volonté de l'eau d'arrosage.

3° Plantes placées sous une cloche dans laquelle on maintenait une atmosphère enrichie artificiellement d'acide carbonique ; cette cloche était disposée de telle sorte qu'on pût toujours extraire les gaz qui y étaient contenus, tandis qu'à l'aide d'une disposition spéciale on introduisait à volonté un volume d'acide carbonique exactement mesuré.

La figure ci-jointe indique la disposition de l'appareil, elle a été dessinée d'après une photographie prise au Muséum par un de nos élèves, M. Londe, qui est un habile photographe.

A est la cloche destinée à recevoir la plante en expérience, elle

porte à la partie supérieure une douille métallique munie de trois robinets ; par le tube C qui pénètre en se recourbant jusqu'au bas de la cloche, arrive l'eau d'arrosage ; le robinet D, lié à une trompe à mercure au moyen d'un caoutchouc, permet l'extraction des gaz ; enfin B sert à l'introduction de l'acide carbonique fourni par le mesureur E.



Celui-ci consiste essentiellement en une allonge renfermant une couche d'huile surnageant de l'eau ; l'allonge est fixée dans un flacon muni à la partie inférieure d'une tubulure fermée par un bouchon auquel est adapté un robinet à trois voies. Pour faire arriver l'acide carbonique dans l'appareil, on descend l'allonge G ; l'acide chlor-

hydrique venant du flacon F, attaque le marbre de l'allonge, l'acide carbonique produit se lave dans le flacon à bicarbonate de soude L et pénètre dans le flacon M qui porte deux orifices : l'un, O, muni d'un robinet simple qui permet la sortie de l'acide carbonique ; l'autre, R, à trois voies qui est lié par un caoutchouc avec le robinet Q, également à trois voies.

Les robinets du flacon M sont donc disposés de telle sorte que le courant d'acide carbonique balaye complètement les flacons laveurs et sort pur au moment où il pénètre dans le mesureur.

Quand on veut remplir le mesureur d'acide carbonique, on fait dégager le gaz en G, on ferme le robinet O, et l'on tourne les robinets R et Q pour que le gaz puisse arriver à la partie supérieure de E ; on ouvre le robinet inférieur pour laisser écouler l'eau du flacon et l'on continue le dégagement jusqu'au moment où l'huile affleure à la division marquée en bas de l'allonge ; à ce moment on fait arriver l'eau du flacon figuré au second plan du dessin, dans le bas du flacon qui supporte le mesureur, l'eau soulève l'huile qui montant dans l'allonge E refoule le gaz dans la cloche A.

Au moment où l'huile affleure à la division Z on change la disposition des robinets Q et R et l'on remplit de nouveau l'allonge G d'acide carbonique qu'on fait passer dans la cloche par la manœuvre précédemment décrite, et cela autant de fois qu'il est nécessaire pour amener la composition de l'atmosphère à la richesse voulue.

Cette manière d'opérer est bien préférable à celle qui consisterait à envoyer sous la cloche une quantité inconnue d'acide carbonique, puis à la déterminer en prélevant un échantillon de gaz pour le soumettre à l'analyse ; en effet, rien n'est plus difficile que d'avoir un mélange homogène d'acide carbonique et d'air, même à l'aide d'agitations prolongées avec de l'eau, à fortiori, quand la nature des appareils interdit toute agitation. Après un certain temps la diffusion s'opère, mais si l'on devait attendre qu'elle se fût effectuée pour prélever un échantillon de gaz, on serait exposé à une erreur considérable, qu'on laissât la plante à la lumière ou qu'on la maintînt à l'obscurité, puisque dans le premier cas on aurait moins d'acide carbonique qu'on en avait introduit : la plante éclairée en ayant décomposé une certaine quantité, tandis que dans le second, elle aurait pu au contraire en ajouter par sa respiration.

§ II. — **Expériences sur des haricots encore munis de leurs cotylédons et sur de jeunes colzas.**

Ces expériences ont été entreprises à la fin de la saison 1880, dans le but de reconnaître l'influence de l'acide carbonique sur le développement des plantes en les pesant avant et après l'expérience.

Les haricots mis en expérience avaient germé dans l'eau, ils ont été introduits sous les cloches avec les flacons dans lesquels ils étaient enracinés; les colzas avaient germé dans de la terre, ils ont été séparés de celle-ci, puis on a repiqué un certain nombre d'entre eux.

On a déterminé le poids des plantes au moment où elles on été mises en expériences, le 18 octobre 1880 :

	grammes.
Poids de 4 haricots racines et tiges	10.762
Poids d'un haricot normal	2.690
Après dessiccation à l'étuve 4 haricots pèsent	2.452
Poids d'un haricot desséché	0.613
Poids de 20 pieds de colza humide	1.417
Un pied normal	0.0708
Poids de 20 pieds de colza sec	0.145
Un pied sec	0.0072

On introduit dans la cloche 4 mesures d'acide carbonique; l'espace compris entre les deux divisions du mesureur étant de 225^{cc}, c'est 940^{cc} qui pénètrent sous la cloche; on met en mouvement la trompe pour renouveler l'air de la cloche dans laquelle sont placées les plantes dont le développement doit être comparé à celui des haricots et des colzas qui ont à leur disposition un excès d'acide carbonique.

Le 23 octobre on prélève du gaz sous la grande cloche à l'aide de la trompe à mercure; l'analyse donne les résultats suivants pour 100 centimètres cubes:

Acide carbonique	4.3
Oxygène	19.3
Azote	76.4

Le rapport de l'oxygène à l'azote $\frac{19.3}{76.4} = 0{,}252$ est plus faible que le rapport normal $\frac{20.8}{79.2} = 0{,}262$; ainsi pendant la première partie de l'expérience, les plantes paraissent avoir absorbé de l'oxygène; les cotylédons des haricots n'étaient pas vidés; par suite

les plantes étaient encore en quelque sorte dans la période de germination, et il n'est pas extraordinaire qu'il y ait plus d'oxygène absorbé par la respiration que de ce gaz dégagé par l'assimilation ; on n'observe au reste aucune différence bien sensible entre les plantes placées sous la cloche à acide carbonique et celles qui vivent dans l'air incessamment renouvelé.

Le 3 novembre on procède à une nouvelle prise d'échantillons ; l'analyse donne les chiffres suivants :

Acide carbonique	1.7
Oxygène	21.8
Azote	76.5

On remarque que si la quantité centésimale d'azote est la même le 7 novembre et le 23 octobre, l'acide carbonique a beaucoup diminué, tandis que l'oxygène au contraire s'est accru ; en effet le rapport $\frac{21.8}{76.5} = 0,285$, c'est-à-dire qu'il est sensiblement supérieur au rapport normal de ces deux gaz ; pendant cette période de temps l'assimilation domine donc de beaucoup la respiration.

Le 6 novembre l'analyse fournit les résultats suivants :

Acide carbonique	1.1
Oxygène	21.0
Azote	77.9

Le rapport est devenu $\frac{210}{779} = 0,269$.

Il est curieux de constater que pendant les trois jours qui se sont écoulés du 3 novembre au 6 la composition du gaz ait été si profondément modifiée ; l'acide carbonique a continué à disparaître, et n'a pas été remplacé par une quantité équivalente d'oxygène ; l'oxygène en effet est moins abondant qu'à l'épreuve précédente, il faut donc qu'il ait été fixé par les végétaux en expérience et engagé dans une combinaison fixe.

C'est au reste ce qui a été observé à diverses reprises par MM. Dehérain et Moissan dans leurs expériences sur l'absorption d'oxygène et l'émission d'acide carbonique[1], surtout lorsque les feuilles sur lesquelles portaient les expériences ont été maintenues à une basse température[2].

1. *Annales des sciences naturelles*, BOTANIQUE, 3e série, t. XIX, p. 321.
2. Moissan, *Annales agronomiques*, t. V, p. 56.

Le 6 novembre on met fin à l'expérience : les plantes qui ont vécu sous la cloche à acide carbonique sont sensiblement plus jaunes que celles qui ont été soumises au courant d'air.

On procède de nouveau aux pesées.

	grammes.
Poids de 4 haricots, racines et tige ayant vécu dans un courant d'air	17.75
Poids d'un haricot normal	4.437
Il pesait avant l'expérience	2.690
Différence	1.747

Après dessiccation à 110°

	grammes.
Les 4 haricots pèsent	0.805
Poids d'un haricot	0.201
Il pesait avant l'expérience	0.613
Poids de matière perdue...	0.402

Si donc les haricots ont gagné une quantité d'eau sensible, tellement que si l'on se contentait de les peser à l'état normal, on pourrait croire qu'ils ont élaboré de la matière végétale, on reconnaît au contraire par la pesée après dessiccation qu'ils ont diminué de poids d'une façon sensible, et qu'on a assisté seulement à cette combustion lente qui caractérise la germination.

Les pesées des colzas qui ont séjourné sous la cloche à courant d'air ont fourni les chiffres suivants :

	grammes.
Poids de 12 pieds de colza ayant vécu dans un courant d'air (racines et tiges)	1.262
Poids d'un pied après l'expérience	0.105
Poids d'un pied avant l'expérience	0.070
Différence	0.035
	grammes.
Poids de 12 pieds de colza après dessiccation complète.	0.158
Poids d'un pied après l'expérience	0.013
Poids d'un pied avant l'expérience	0.007
Gain	0.006

Ainsi les colzas plus avancés dans leur évolution ont au contraire augmenté leur matière sèche.

Les pesées des plantes qui ont vécu dans l'atmosphère chargée d'acide carbonique ont fourni les chiffres suivants :

	grammes.
Poids de 5 haricots (racines et tiges).................	18.150
Poids d'un haricot après l'expérience.................	3.630
Poids d'un haricot avant l'expérience.................	2.690
Gain........................	0.940

	grammes.
Poids de 5 haricots desséchés à 110°..................	0.980
Poids d'un haricot sec avant l'expérience.............	0.613
Poids d'un haricot après l'expérience.................	0.193
Perte....................	0.420

Le poids de matière perdue est donc à peu près le même sous la cloche à acide carbonique que sous la cloche parcourue par un courant d'air, et il est clair qu'à cette période de la vie de la plante l'excès d'acide carbonique ne présente aucun avantage.

	grammes.
Les 12 colzas qui ont vécu dans l'air chargé d'acide carbonique pesaient..................................	1.780
Un pied normal après l'expérience..................	0.148
Un pied normal avant l'expérience..................	0.070
Gain pendant l'expérience..	0.078

	grammes.
Les 12 colzas après dessiccation complète ont pesé....	0.170
Un pied sec après l'expérience........................	0.0140
Un pied avant l'expérience...........................	0.0072
Gain.....................	0.0068

Gain qui est sensiblement égal à celui qu'ont fait les colzas qui ont vécu sous la cloche traversée par un courant d'air; celui-ci renfermait donc une quantité d'acide carbonique suffisante pour favoriser le développement de plantes aussi faibles que celles qui ont été mises en expériences : l'excès d'acide carbonique n'a été ni nuisible, ni avantageux.

§ III. — Expériences sur l'Ageratum cœruleum.

Nous avons rapporté en premier lieu les expériences sur les haricots et les colzas, parce qu'elles ont été faites sur des plantes de petite dimension qu'il était facile de peser; en réalité, elles ont suivi celles dont nous allons rendre compte dans ce paragraphe, et qui ont, sur les précédentes, ce désavantage d'avoir porté sur des plantes de grande dimension dont le poids n'a pas été possible à

déterminer. En effet, les arracher pour les repiquer eût entraîné vraisemblablement leur mort, et n'eût, dans tous les cas, donné qu'une indication bien faible sur leur poids réel, puisqu'il eût été impossible de les dessécher.

L'expérience a commencé le 28 juillet 1880. Les deux plantes ont été placées sous les cloches; on avait fait pénétrer sous l'une d'elles $3 \times 235^{cc} = 705^{cc}$ d'acide carbonique; les analyses de gaz ont fourni les chiffres suivants pour 100^{cc} :

	Acide carbonique.	Oxygène.	Azote.	Rapport de l'oxygène à l'azote.
29 juillet, 1 heure ½....	1.9	20.8	77.3	0.269
29 juillet, 4 heures......	2.2	21.1	76.7	0.275
29 juillet, 5 heures ½...	1.9	20.8	77.3	0.269
30 juillet, midi ½.......	1.2	21.4	77.4	0.276
1er août, 10 heures ½...	0.0	23.4	76.6	0.305

Ainsi, le 29 juillet, nous trouvons à une heure et demie et à cinq heures et demie la même composition pour le gaz de la cloche, mais la prise d'échantillons de quatre heures nous donne au contraire une composition toute différente; il y a à la fois plus d'oxygène et plus d'acide carbonique que le matin et le soir.

On pourrait peut-être supposer qu'il y a là tout simplement une irrégularité d'analyse, cependant nous ne pensons pas nous être trompés; nous prenons le gaz avec la pompe à mercure après avoir fait le vide dans les caoutchoucs de raccord; nous faisons il est vrai le dosage de l'acide carbonique et celui de l'oxygène sur l'eau avec la potasse et l'acide pyrogallique; mais bien que ce dosage ne soit pas absolument rigoureux, il ne peut donner une erreur de nature à fournir les chiffres consignés au tableau des analyses.

En remarquant que les gaz dégagés en excès à quatre heures sont des gaz essentiellement solubles dans l'eau, nous ne serions pas étonnés que les différences entre les diverses prises d'échantillons fussent dues, non pas à une action physiologique de la plante, mais tout simplement à un dégagement d'acide carbonique et d'oxygène de l'eau d'arrosage qui séjourne au fond de la cloche ou qui imbibe la terre, dégagement dû à l'échauffement du liquide; un peu plus tôt ou un peu plus tard, quand l'eau s'est refroidie, les gaz solubles s'y seraient dissous de nouveau.

Quoi qu'il en soit de cette interprétation, nous donnons les chiffres précédents pour montrer le genre d'incertitude qu'on ren-

contre dans des recherches de cette nature où tant de causes diverses viennent influer sur le résultat observé.

Le 30 juillet, l'acide carbonique introduit a sensiblement diminué; enfin le 1er août, il a complètement disparu; l'*Ageratum* l'a consommé entièrement. En quatre jours il a décomposé 705 centimètres cubes d'acide carbonique, il a donc absorbé environ 0gr,35 de carbone et formé 0gr,7 de matière végétale sèche.

Au moment où, pour renouveler l'acide carbonique, on ouvre le robinet C qu'on avait eu la précaution de garnir d'un caoutchouc et d'un tube de verre plongeant dans l'eau, on voit l'eau s'élever rapidement dans le tube, la pression intérieure a beaucoup diminué; on fait pénétrer dans la cloche 705cc de gaz acide carbonique. Les analyses ramenées à 100cc ont fourni les chiffres suivants :

	Acide carbonique.	Oxygène.	Azote.	Rapport de l'oxygène à l'azote.
2 août, 1 heure.........	3.1	23.4	73.5	0.318
2 août, 4 heures 1/2......	2.9	24.2	72.9	0.332
3 août, 3 heures 1/2......	2.1	24.6	73.3	0.335
4 août, 2 heures.........	1.0	26.0	73.3	0.355
5 août, midi 1/2.........	0.0	26.5	73.5	0.360

Si l'on compare l'analyse du 2 août à celle du 5, on trouve que sur 100cc de gaz, il a disparu 3cc de gaz acide carbonique et qu'il est apparu 3cc d'oxygène.

Du 2 août au 5, dans l'espace de quatre jours, la plante a encore absorbé 705 centimètres cubes d'acide carbonique, et depuis l'origine des expériences 1lit,460 correspondant à 0gr,7 de carbone et 1gr,4 de matière végétale sèche.

En comparant cependant l'*Ageratum* qui reçoit de fortes doses d'acide carbonique à celui qui végète dans un courant d'air, on ne remarque pas de différences sensibles; l'*Ageratum* de la cloche à acide carbonique paraît seulement plus jaune que son voisin.

Le 5 août, on fait pénétrer dans l'intérieur de la cloche 705cc d'acide carbonique; la journée du 5 est très belle, le 6 et le 7 le temps est couvert, on procède aux analyses et on trouve pour 100cc les chiffres suivants :

	Acide carbonique.	Oxygène.	Azote.	Rapport de l'oxygène à l'azote.
6 août, 2 heures.........	2.0	27.6	70.4	0.392
7 août, 2 heures.........	1.1	29.6	69.3	0.427
8 août..................	0.0	29.6	70.4	0.420

La plante a décomposé depuis l'origine des expériences $2^{lit},115$ d'acide carbonique.

L'*Ageratum* placé sous la cloche prend une teinte jaune de plus en plus prononcée. On pense que peut-être l'alimentation azotée et minérale fait défaut, et l'on donne 5^{cc} de dissolution nutritive de Nobbe[1] à 10 pour 100, c'est-à-dire $0^{gr},5$ de sels dissous, et on prélève quelques échantillons de feuilles; en les examinant au microscope, on y constate un dépôt d'amidon beaucoup plus abondant que dans les feuilles de l'*Ageratum* maintenu dans le courant d'air. On remet la plante en expérience après avoir introduit 705^{cc} de gaz; on trouve pendant les derniers jours d'expériences les chiffres suivants rapportés à 100^{cc} :

	Acide carbonique.	Oxygène.	Azote.	Rapport de l'oxygène à l'azote.
10 août................	1.6	20.2	78.2	0.258

On remet encore 470^{cc} d'acide carbonique et on trouve les chiffres suivants :

11 août, 3 heures........	2.2	22.8	75.1	0.304
11 août, 5 heures........	1.3	23.6	75.1	0.314

Le 12 août, on met fin à l'expérience.

La dernière analyse est curieuse, dans l'espace de deux heures la proportion d'acide carbonique descend de 0 et la quantité d'oxygène monte de 0,8; si nous admettons pour la capacité intérieure de la cloche 16 litres, nous trouvons qu'en deux heures la plante a consommé environ $\frac{16000 \times 0,9}{100} = 144$ centimètres cubes d'acide carbonique, la quantité contenue dans 480 litres d'air, près de la moitié d'un mètre cube.

On a procédé au dosage de l'amidon dans l'*Ageratum* maintenu dans le courant d'air, on y a trouvé 6,8 d'amidon, dans 100 de matière sèche; l'*Ageratum* qui avait été au contact de l'atmosphère enrichie d'acide carbonique en renfermait 9,1. Ainsi l'abondance de l'acide carbonique dans l'atmosphère où a vécu l'*Ageratum* lui a permis d'élaborer une quantité d'amidon supérieure à celle qui a été produite dans la plante du courant d'air, mais sa croissance n'a pas été modifiée d'une façon sensible.

1. Voy. *Annales agron.*, t. I, p. 178.

Il était à remarquer que les racines de l'*Ageratum* développé sous la cloche renfermant l'excès d'acide carbonique étaient très développées, tellement que par places elles étaient visibles au-dessus de terre. Or c'est là presque toujours un indice d'une nourriture insuffisante, et il est possible que pour obtenir d'une riche alimentation en acide carbonique tous les effets qu'elle peut fournir, il faille la combiner avec une distribution plus copieuse de matières azotées et surtout de matières minérales.

§ IV. — Expériences sur les chrysanthèmes.

Les expériences interrompues pendant la fin du mois d'août et le mois de septembre ne furent reprises qu'au commencement d'octobre, sur des chrysanthèmes; mais les plantes s'accommodèrent mal de leur séjour sous les cloches, des feuilles tombèrent, d'autres, il est vrai, vinrent les remplacer, mais bientôt les deux sujets mis en expériences parurent en trop mauvais état pour qu'il fût possible de continuer les essais.

§ V. — Premières expériences sur les tabacs.

Ces expériences ont été entreprises pendant la saison 1881. On ne s'est pas astreint à des prises de gaz aussi fréquentes que pendant la saison précédente; les recherches, en effet, n'avaient plus pour but de reconnaître la rapidité avec laquelle les plantes peuvent se saisir de l'acide carbonique qu'elles rencontrent dans l'atmosphère où elles sont plongées, mais de voir quelles différences on pourrait constater dans leur croissance, leur port, leur composition, suivant qu'elles seraient soumises à une pénurie ou à un excès d'acide carbonique, ou qu'au contraire elles végéteraient dans l'air normal.

Douze petits pieds de tabac furent pesés avec soin et repiqués soit dans une bonne terre de jardin, soit dans cette même terre préalablement privée de matière organique par un grillage.

Quatre d'entre eux furent placés dans une cloche où l'air se renouvelait difficilement, ainsi qu'il a été dit plus haut, quatre sous la cloche parcourue par un courant d'air normal, quatre sous la cloche à acide carbonique.

Dans l'espace de quelques jours, les tabacs placés sous la cloche

où l'air se renouvelait difficilement périrent; ils ne purent supporter le soleil du commencement de juin auquel résistèrent sans abri les tabacs soumis à l'action du courant d'air et surtout ceux de la cloche à acide carbonique.

Le 7 juin on met fin à l'expérience; l'analyse indique que l'atmosphère ne renferme plus d'acide carbonique; les tabacs avaient donc consommé tout ce qu'on avait introduit, c'est-à-dire 940[cc] d'acide carbonique; ils étaient très inégaux : tandis que l'un d'eux avait pris un développement remarquable, les autres étaient restés chétifs.

	grammes.
Le pied vigoureux pesait	17.90
Au commencement il pesait	0.69
Différence	16.21

	grammes.
Le plus beau pied de la cloche à courant d'air pesait à la fin de l'expérience	6.00
Au commencement il pesait	0.56
Différence	5.44

Ces tabacs renferment 88 pour 100 d'eau; on trouve donc pour les tabacs secs :

	Acide carbonique.	Courant d'air.
A la fin de l'expérience	2.14	0.71
Au commencement	0.08	0.06
Acquis	2.06	0.66

Le développement de ce tabac était très supérieur à celui des trois autres qui cependant s'étaient accrus, mais dans une moindre proportion, et l'on ne voyait guère de différence entre les trois pieds qui avaient vécu dans l'atmosphère chargée d'acide carbonique et ceux qui étaient restés dans le courant d'air, et il y a là un fait curieux sur lequel il convient d'insister. Bien que la proportion d'acide carbonique contenue dans l'air ait été considérable, elle ne semble avoir profité qu'à un seul des tabacs qui étaient en expérience : l'un est devenu très grand et semble avoir accaparé tout le gaz nutritif au détriment de ses compagnons; mais bien que le résultat soit bizarre, on ne peut nier que le tabac n'ait profité dans une large mesure de la dose considérable d'acide carbonique qu'il avait à sa disposition, puisque son poids s'est accru de

$2^{gr},06$, tandis que l'accroissement du tabac le plus vigoureux de la cloche à courant d'air est seulement de $0^{gr},66$.

Nous avons fait remarquer plus haut que la quantité d'acide carbonique introduite dans la cloche a été seulement de 940 ^{cc} représentant environ $1^{gr},980$ d'acide carbonique renfermant par conséquent $0^{gr},458$ de carbone ; mais le tabac le plus fort s'est accru de 2 grammes de matière sèche renfermant de $0^{gr},80$ à $0^{gr},90$ de carbone, c'est-à-dire que nous trouvons fixé dans une seule plante plus de carbone que nous n'en avons introduit.

Ce fait inattendu est d'autant plus nettement établi que nous l'appuyons sur la détermination de la matière sèche d'un seul des tabacs contenus sous la cloche ; mais bien que les autres se soient moins développés que celui qui a été pesé à l'état normal et à l'état sec, et bien que nous ne puissions donner le poids des autres tabacs qui ont péri par accident, leur développement était assez sensible pour qu'on puisse affirmer qu'ils avaient notablement augmenté leur matière sèche : il faut donc que la matière organique de la terre arable soit intervenue, nous discuterons plus loin son mode d'action probable.

§ VI. — Dernières expériences sur les tabacs.

Le 21 juin on remet sous chacune des cloches deux tabacs, ceux qui sont placés sous la cloche à acide carbonique pèsent respectivement $0^{gr},548$ et $0^{gr},712$; ceux qui sont placés dans la cloche à courant d'air $0^{gr},742$ et $0^{gr},892$.

Après la pesée ces tabacs sont repiqués les uns dans de la terre grillée, les autres dans de la terre normale ; quand ils sont bien repris, on commence l'expérience.

On donne régulièrement de l'acide carbonique quand l'analyse indique que la cloche n'en renferme plus ; on ajoute de l'eau d'arrosage à diverses reprises, les tabacs au contact de l'acide carbonique résistent beaucoup mieux que ceux de la cloche au courant d'air à la sécheresse et au soleil écrasant de juillet 1881.

Le 25 juillet, l'expérience durant depuis plus d'un mois, les tabacs ayant reçu $3^{lit},290$ d'acide carbonique, on examine les quatre pieds en expérience.

Ceux de la cloche à acide carbonique sont jaunes, très charnus, mais rabougris : l'un a sept feuilles et un bouquet de jeunes feuilles

prêtes à s'épanouir, les feuilles sont très rapprochées les unes des autres; l'autre a huit feuilles, il paraît plus robuste.

Les feuilles de ces deux tabacs examinées au microscope montrent une profusion extraordinaire de gros grains d'amidon, aussi volumineux que ceux qu'on trouve dans les graines des céréales; ces grains d'amidon sont mêlés à une profusion de grains jaunâtres qui paraissent être des grains de chlorophylle décolorés.

Les tabacs de la cloche à air sont beaucoup plus élancés que les autres, la tige est plus haute, les feuilles sont beaucoup moins charnues, au microscope elles ne paraissent renfermer que des grains d'amidon peu abondants; en revanche les grains de chlorophylle sont nombreux et d'un vert prononcé.

En résumé, la différence essentielle qu'on pouvait constater à ce moment de l'expérience, était l'abondance de l'amidon dans les tabacs de la cloche à acide carbonique, et en même temps leur aspect charnu, massif, contrastant avec le port grêle et élancé de leurs compagnons maintenus dans l'air normal constamment renouvelé.

On se rappelle que dans leurs mémorables expériences sur l'intervention de la potasse dans le développement du sarrazin, MM. Nobbe, Erdmann et Scherer avaient remarqué que si la présence de la potasse dans les liqueurs nutritives était nécessaire pour qu'il se produisît de l'amidon autochthone dans les cellules à chlorophylle, la nature de l'acide avec lequel cette potasse était unie avait une influence décisive sur la migration de l'amidon et son utilisation à la production de tissus nouveaux.

Or l'abondance de l'amidon indiquait nettement que les tabacs sous la cloche à acide carboniqne n'utilisaient pas la matière qu'ils avaient élaborée, et en rapprochant cette observation de celle que nous avions faite l'année précédente lors de l'expérience sur les *Ageratum* qui avaient développé leurs racines comme des plantes qui vivent dans un sol stérile, nous eûmes l'idée d'ajouter à l'un des tabacs qui devait rester sous la cloche à acide carbonique, 0gr,5 de chlorure de potassium pour reconnaître si ce sel qui, d'après les physiologistes allemands, favorise la migration de l'amidon dans les sarrazins agirait de la même façon sur les tabacs.

En laissant l'autre pied dans la cloche à courant d'air, sans lui donner de chlorure de potassium, on voulait reconnaître si, privé de l'excès d'acide carbonique, ce tabac (B) utiliserait l'amidum qu'il avait élaboré.

On remit un seul tabac (A) sous la cloche à acide carbonique le 25 juillet et on donna encore deux mesures d'acide carbonique.

Le 8 août on mit fin à l'expérience; les deux tabacs qui avaient eu l'excès d'acide carbonique s'étaient beaucoup allongés et l'influence du chlorure de potassium dans un cas, la pénurie d'acide carbonique dans l'autre, avaient eu certainement pour effet de diminuer la pléthore d'amidon, dont on ne retrouvait plus que des traces dans les feuilles; l'aspect jaunâtre avait disparu, les feuilles étaient devenues beaucoup plus vertes. On mit fin à l'expérience et on procéda aux pesées; on trouva les chiffres suivants :

Tabac A ayant toujours séjourné dans la cloche à acide carbonique, enraciné dans la terre grillée : 41gr,6, après dessiccation : 2gr,958.

Tabac B ayant séjourné dans la cloche à acide carbonique, enraciné dans la terre normale : 24gr,9, après dessiccation : 1gr,872.

Le premier porte trois feuilles mortes et dix feuilles vivantes, le second trois feuilles mortes et sept feuilles vivantes ; on n'a pas pu séparer les racines de la terre, de telle sorte que les poids précédents se rapportent seulement à la partie aérienne de la plante.

Les plantes qui avaient vécu sous la cloche à courant d'air étaient infiniment moins développées.

Poids du tabac C : 10gr,5. Il porte six feuilles : après dessiccation il pèse 0gr,904.

Poids du tabac D. Il porte six feuilles vivantes et une feuille morte : 14gr,1 : après dessiccation il pèse 1gr,167.

Il est donc bien évident d'après cette expérience que les plantes qui ont vécu sous la cloche renfermant un excès d'acide carbonique ont prospéré davantage que celles qui étaient soumises au courant d'air constant, et en même temps que l'un des tabacs a, comme dans l'expérience précédente, pris un développement bien plus puissant que son compagnon placé cependant dans des circonstances absolument identiques.

Il ressort des expériences exécutées sur les tabacs plusieurs conséquences sur lesquelles il convient d'appuyer.

1. Les pieds placés dans des circonstances identiques se sont développés très inégalement; dans la première expérience, sur quatre tabacs placés dans la cloche à courant d'air, sur quatre placés sous la cloche à acide carbonique, un seul dans l'un et l'autre cas s'est développé avec vigueur, les autres sont restés petits et malingres; il est impossible de rapporter à une cause connue ce déve-

loppement exagéré de l'une des plantes comparée aux trois autres et on saisit là une des difficultés les plus grandes que rencontre le physiologiste, quand il ne peut disposer pour ses expériences que d'un petit nombre de sujets; les différences individuelles peuvent être telles qu'elles masquent absolument les résultats qu'on recherche, et on ne saurait trop se mettre en garde contre des irrégularités semblables à celles que nous avons constatées, non seulement dans la première, mais dans la seconde expérience sur les tabacs.

Il est clair qu'en plaçant dans des circonstances identiques quatre pieds dans un cas, deux dans l'autre, il semblerait qu'on dût voir ces quatre ou ces deux individus dans la première et dans la seconde expérience évoluer simultanément; il n'en est rien, et dans chacun de ces essais un individu a pris un développement exagéré au détriment des autres.

2. Bien que les plantes en expérience aient été les unes et les autres soumises à l'action d'une quantité d'acide carbonique notable, car le courant d'air constamment renouvelé a certainement amené aux plantes sous cloche une quantité analogue à celle qu'elles auraient trouvée en plein air, la température exagérée à laquelle elles ont été soumises leur a été nuisible et elles sont moins bien développées que des individus du même âge abandonnés à l'air libre dans des pots de petite dimension.

3. Cependant si, au lieu de comparer les plantes en expérience à celles qui ont crû à l'air libre, on restreint la comparaison aux plantes qui ont vécu sous cloche, on reconnaît que celles qui n'ont pu renouveler que difficilement leur atmosphère sont mortes après quelques jours, que celles qui ont été soumises à l'action d'un courant d'air continu se sont développées médiocrement, tandis que dans les deux expériences un pied élevé dans l'atmosphère enrichie d'acide carbonique, a pris un développement très supérieur à celui qui s'est manifesté chez les individus de la cloche à courant d'air, et que par suite la richesse de l'atmosphère dans laquelle ils ont vécu a été favorable à leur résistance aux autres conditions fâcheuses dans lesquelles ils étaient placés.

4. Nous avons vu que dans les deux expériences sur les tabacs, les plantes ont fixé dans leurs tissus une quantité de carbone supérieure à celle qui avait été introduite avec l'acide carbonique gazeux. Il est évident d'abord que l'alimentation de ce gaz n'a pas

été assez copieuse, et que c'est une mauvaise pratique que d'introduire l'acide carbonique seulement, quand la dose précédente est entièrement consommée; c'est une preuve en outre que les plantes ont pu se procurer du carbone à une source qu'il s'agit de découvrir.

Dans la première expérience le pied de tabac le plus robuste étant enraciné dans de la terre normale, on pourrait supposer que le carbone en excès provient de l'assimilation directe des matières ulmiques, mais dans la seconde la plante la plus vigoureuse, qui, à elle seule, renferme plus de carbone qu'on n'en a introduit sous forme d'acide carbonique, était enracinée dans une terre grillée, qui par conséquent ne renfermait plus de matières ulmiques: il faut donc abandonner l'idée de leur assimilation directe.

Il faut fatalement cependant que le carbone provienne de la terre normale qui existait sous les cloches; et dès lors on peut supposer, ou bien que la terre a enrichi l'atmosphère de la cloche de l'acide carbonique tout formé qu'elle renfermait, ou bien que de l'acide carbonique s'y est produit par la combustion lente des matières organiques du sol.

Dans le premier cas on trouverait dans l'atmosphère de la cloche une quantité d'oxygène surpassant de beaucoup celle qui était contenue dans l'acide carbonique introduit, c'est ce qui n'a pas lieu; il faut donc admettre que le carbone assimilé par les plantes a été amené à l'état d'acide carbonique par l'oxygène contenu dans l'atmosphère de la cloche, qui a ainsi servi d'intermédiaire entre la matière organique et la cellule à chlorophylle.

Il y a longtemps qu'on enseigne qu'un des rôles de la matière organique est précisément de servir à engendrer de l'acide carbonique, mais on supposait habituellement que cet acide carbonique passait dans la plante par la racine; or toutes les expériences entreprises pour montrer que l'acide carbonique du sol est charrié dans la plante jusqu'aux cellules à chlorophylle où il serait décomposé, ayant échoué, il restait quelque indécision sur l'utilisation de cet acide carbonique du sol; nos expériences établissent que ce gaz formé par l'action comburante de l'oxygène se répand dans l'atmosphère ambiante où il est saisi par les feuilles et décomposé.

Le développement du pied enraciné dans la terre grillée plus considérable que celui de la plante dont les racines plongeaient dans la terre normale, la quantité de carbone qu'elle renferme,

supérieure à celle qui a été introduite, ne laisse aucun doute sur l'exactitude de cette interprétation.

Faut-il en conclure qu'à l'air libre les choses peuvent se passer de la même façon et qu'une terre bien fumée exhale de l'acide carbonique qui dans les temps calmes séjourne assez longtemps audessus d'elle pour être saisi par les plantes qui s'y développent? C'est possible; mais nous ne connaissons encore aucune expérience qui l'établisse, et il serait à désirer que les chimistes agronomes qui sont en mesure de doser exactement l'acide carbonique contenu dans une grande masse d'air pussent se livrer à cette recherche, qui éclaircirait peut-être le rôle si obscur encore des matières carbonées du sol.

En résumé : des expériences rapportées dans ce mémoire, on peut conclure que l'emploi d'une atmosphère riche en acide carbonique pourrait être préconisé pour hâter le développement des végétaux; s'ils étaient placés dans une serre d'assez grande dimension pour que la chaleur n'y atteignît pas les températures excessives où l'action chlorophyllienne est paralysée, ainsi que cela a eu lieu certainement à diverses reprises sous nos petites cloches d'expériences, on les verrait sans doute prendre un plus fort développement que dans les serres actuelles où la quantité d'acide carbonique est sans doute trop faible pour la masse de végétaux qui y est accumulée.

Il serait très intéressant de poursuivre des essais qui auraient pour effet d'enrichir les sources de carbone auxquelles les végétaux peuvent puiser; tandis qu'on s'est beaucoup préoccupé depuis le commencement du siècle de fournir à la plante son alimentation minérale et azotée, on n'a guère fait de tentative pour favoriser son alimentation en carbone. Si pour la grande culture l'emploi du fumier de ferme paraît seul efficace, il n'en est plus ainsi pour l'horticulture de serre : les plantes y végètent dans une atmosphère limitée dont il n'est pas impossible de modifier la composition; et il y aurait d'autant plus d'intérêt à essayer de l'enrichir en acide carbonique que les plantes semblent, quand elles vivent dans une atmosphère chargée de ce gaz, non seulement acquérir un développement plus rapide, mais, en outre, pouvoir résister infiniment mieux à l'action d'une température élevée et d'une sécheresse prolongée.

Il nous est arrivé plusieurs fois, en effet, de constater que les

tabacs placés dans la cloche à acide carbonique ne présentaient, après une journée très chaude où l'eau leur faisait parfois défaut, que l'aspect rigide des plantes maintenues en plein air, tandis que les tabacs qui étaient sous la cloche à courant d'air avaient leurs feuilles molles, flasques, tombantes, et semblaient être atteints de telle sorte qu'ils ne pussent se relever. Il a suffi cependant de copieux arrosages et d'un séjour de vingt-quatre heures à l'ombre pour leur rendre leur vigueur première, mais les différences qu'ont présentées les plantes, bien qu'elles fussent soumises aux mêmes températures, font voir que la présence d'un excès d'acide carbonique est une cause de résistance aux températures élevées.

§ VII. — Comparaison des expériences précédentes avec celles qui ont été exécutées par M. Schlœsing en 1869[1].

On doit à M. Schlœsing un mémoire intéressant sur la végétation comparée à l'air libre et sous cloche; le travail qu'avait entrepris le savant professeur de l'Institut agronomique avait surtout pour but de reconnaître l'influence qu'exerçait sur la composition de la plante son séjour dans une atmosphère constamment saturée de vapeur d'eau, que l'auteur supposait devoir retarder l'évaporation.

La cloche sous laquelle végétait la plante était, au reste, constamment parcourue par un courant d'air renfermant plusieurs centièmes d'acide carbonique.

M. Schlœsing a déterminé l'eau évaporée par les tabacs maintenus à l'air libre, en pesant les vases garnis de plante avant et après les arrosages, mais la disposition de ses appareils ne lui a permis d'apprécier l'eau évaporée par le tabac maintenu sous cloche qu'en recueillant l'eau, qui après avoir ruisselé sur les parois, venait se réunir dans un vase approprié, régulièrement pesé. M. Schlœsing reconnaît que la quantité d'eau ainsi recueillie ne représente pas entièrement celle qui a été évaporée par la plante, car on n'a pas déterminé celle qui était entraînée par le courant d'air.

Ce n'est pas sur la mesure de l'eau évaporée que nous voulons appuyer mais bien sur la similitude qui existe entre le pied de tabac élevé par M. Schlœsing et ceux que nous avons obtenus en les maintenant sous la cloche à acide carbonique; ce qui caractérise

1. *Ann. des sciences natur. botan.*, 5e série, t. X, p. 366.

les uns et les autres, c'est la quantité énorme d'amidon qu'on y découvre. M. Schlœsing l'a dosé, il a trouvé 13,9 0/0 de matière sèche; nous n'avons pas de chiffre à donner, puisque nous avons continué l'expérience pour chercher à faire disparaître cet amidon en excès, et que nous y avons réussi, mais l'examen microscopique a suffi pour constater une quantité d'amidon tout à fait anormale dans les tabacs maintenus sous la cloche à acide carbonique, tandis qu'au contraire, les tabacs qui ont séjourné dans la cloche à courant d'air n'en renfermaient que des proportions insignifiantes.

Or, les tabacs placés sous la cloche à courant d'air étaient constamment dans une atmosphère saturée; ils ont dû évaporer aussi peu que le tabac de l'expérience de M. Schlœsing, et cependant ils ne renferment pas d'amidon.

Il nous paraît donc probable que ce n'est pas l'absence d'évaporation qui a déterminé la production exagérée d'amidon, mais bien plutôt les proportions notables d'acide carbonique que renfermait l'atmosphère que M. Schlœsing faisait circuler sous sa cloche; son expérience lui a donné des résultats analogues à ceux que nous avons trouvés nous-même. La divergence n'est pas dans les faits, mais dans leur interprétation; pour nous, l'abondance de l'amidon est liée à l'abondance de l'acide carbonique dans l'atmosphère; pour M. Schlœsing, elle devait être attribuée à l'absence d'évaporation, ce que nous croyons inexact, puisque les tabacs placés sous cloche, mais dans une atmosphère pauvre en acide carbonique, n'ont rien présenté de semblable.

TRAVAUX PUBLIÉS A L'ÉTRANGER

Rapport sur les expériences de culture exécutées à Woburn par la Société royale d'agriculture d'Angleterre

PAR LE DOCTEUR AUGUSTUS WŒLCKER[1].

(*Journal of the royal agricultural society of England*, 1881.)

Avant d'exposer les résultats des expériences entreprises à Woburn pendant l'exercice 1880, je rappellerai que la pièce de Stackiard-field, sur laquelle la plupart de ces expériences ont eu

1. Voir *Annales agronomiques*, t. IV, 1878..

lieu, est divisée en deux parties inégales. La plus petite, qui comprend 220 ares, est cultivée continuellement, moitié en orge, moitié en blé : la plus grande, d'environ 6 hectares 40 ares, est destinée à l'étude de l'assolement quadriennal ordinaire.

Les expériences de Stackiard-field ont commencé régulièrement en 1877; j'ai donc aujourd'hui à rapporter les résultats de la quatrième série d'essais.

EXPÉRIENCES SUR LA CULTURE CONTINUE DU BLÉ.

La terre fut labourée les 15 et 16 octobre 1879, hersée le 29 du même mois, et ensemencée le 13 novembre, avec la même variété de blé qui a déjà servi les années précédentes.

Les engrais minéraux avaient été semés sur les parcelles 4, 5, 6, 8 et 9 le 8 novembre; le fumier ne fut répandu sur les planches 10 et 11 que le 7 février 1880 : quant aux engrais solubles, sels ammoniacaux et nitrate de soude, on ne les mit qu'au printemps, dans le courant du mois de mars.

Le fumier dont on s'est servi dans ces expériences provenait de 8 bœufs; on l'a partagé en deux parties égales, destinées, l'une à la culture du blé, l'autre à la culture de l'orge.

Chaque animal recevait par jour une ration composée de 1k 800 tourteau de coton décortiqué, 3 kilogrammes farine de maïs, 22 kilogrammes navets et 4 kilogrammes paille hachée; on les mit à la ration d'engraissement le 1er décembre 1879, et dans l'espace de cinq semaines ils consommèrent :

255 kil. tourteau de coton,
408 kil. farine de maïs,
3000 kil. navets, et 510 kil. paille.

On employa comme litière 600 kilogrammes environ de paille de blé coupée en fragments de deux pouces de longueur.

A leur entrée dans les stalles d'engraissement, les quatre bœufs qui devaient fournir l'engrais au blé pesaient ensemble 1830 kilogrammes; le 5 janvier 1880 ils présentaient un accroissement de poids total de 90 kilogrammes, soit par tête et par semaine, un gain de 4k 500 environ. Le fumier fut alors enlevé et placé sous un hangar couvert et à plate-forme étanche, de façon à prévenir toute infiltration dans le sol jusqu'au moment où il devait être employé.

Après deux hersages successifs, le blé fut roulé au commencement de mai.

Un certain nombre de parcelles, et notamment le témoin n° 7, eurent beaucoup à souffrir de l'attaque des vers; sur ces planches, on remarquait un grand nombre de vides qu'il ne fut pas possible de remplir complètement par le repiquage.

Les parcelles qui avaient reçu à la fois des engrais minéraux et des matières azotées ont mieux résisté que celles qui n'avaient eu que des sels ammoniacaux ou du nitrate de soude.

La récolte, commencée le 3 septembre, fut terminée le 10; le 20, le blé était mis en meules; enfin il était battu sur place, à la machine, le 5 novembre. On pesa immédiatement la paille; quant au grain, on le mit dans des sacs soigneusement étiquetés pour le mesurer et le peser plus tard.

Voici les résultats qui ont été obtenus pour la surface d'un hectare :

PARCELLES.	NATURE DES ENGRAIS.	GRAIN.	PAILLE.
		hect.	kil.
1	Sans engrais	8.6	1683
2	224 kil. sels ammoniacaux	10.4	1910
3	308 kil. nitrate de soude	9.5	1965
4	Engrais minéraux seulement	13.8	2131
5	Engrais minéraux et 224 kil. sels ammoniacaux.	23.9	4000
6	Engrais minéraux et 308 kil. nitrate de soude..	21.8	3780
7	Sans engrais	12.6	1960
8	Engrais minéraux et 448 kil. sels ammoniacaux	25.6	4023
9	Engrais minéraux et 616 kil. nitrate de soude.	23.8	4755
10	10000 kil. fumier	13.6	2450
11	20000 kil. fumier	17.7	3200

En général, la saison fut défavorable à la culture du blé : les froids de juillet et d'août, les pluies continuelles qui survinrent à la même époque, retardèrent beaucoup la maturation. La planche 7 surtout (sans engrais) fut très lente à mûrir : cela tient à ce qu'on avait repiqué au printemps un grand nombre de jeunes plants pour couvrir les manques qui s'y trouvaient alors.

Partout, du reste, le blé était clair et extrêmement inégal. Sur la planche 10 au fumier de ferme les manques s'élevaient environ à un cinquième par rapport aux parcelles 8 et 9, les meilleures de

toutes; on les a évalués à un sixième sur la parcelle 1, à un huitième sur 4, enfin à un dixième environ sur le témoin n° 7 et sur la parcelle 11 au fumier.

Malgré ces irrégularités, les résultats précédents peuvent encore nous conduire à quelques conclusions intéressantes.

En premier lieu on voit qu'il est impossible, sur la terre légère de Woburn, et probablement sur tous les sols sablonneux qui lui ressemblent, de cultiver avantageusement le blé au-delà d'un petit nombre d'années, même sous l'influence des engrais les plus efficaces, appliqués avec une profusion qui s'écarte des règles ordinaires de la culture rémunératrice.

Le fumier a produit un effet assez avantageux, la récolte est même meilleure que l'année dernière.

Les engrais minéraux n'avaient encore produit aucun effet sensible; cette année, la planche 4, qui n'a reçu que des engrais minéraux seulement, a non seulement produit une meilleure récolte que les parcelles sans engrais, mais même donné davantage que les parcelles 2 et 3 qui avaient eu au printemps une fumure normale simplement azotée.

J'ajouterai que, tant que le blé fut sur pied, on regarda la parcelle 4 comme supérieure aux numéros 2 et 3; ceux-ci ne présentaient presque pas de différence avec le témoin voisin.

Ces résultats montrent clairement que les engrais azotés employés seuls sont à peu près sans influence sur la terre de notre champ d'expériences, à cause sans doute du manque des matières minérales nécessaires à l'accroissement du blé.

Pendant les trois premières années d'expérimentation, c'est l'inverse qu'on avait observé; il y a là une preuve évidente de l'épuisement du sol, épuisement qui ne fera sans doute que s'accentuer davantage dans les cultures suivantes.

Dans les excellentes terres de Rothamsted, MM. Lawes et Gilbert n'ont jamais pu, pendant 25 années consécutives de culture du blé, observer le moindre accroissement de récolte sous l'influence des engrais minéraux seulement; les sels ammoniacaux ou le nitrate de soude ont toujours paru, au contraire, fort avantageux. Cependant, dans ces dernières années, c'est-à-dire après un laps de temps considérable, MM. Lawes et Gilbert ont constaté, dans la terre de leur champ d'expériences, une légère tendance à l'épuisement en matières minérales; c'est le même fait que nous venons d'ob-

server à Woburn après quatre années seulement d'expérimentation.

L'addition des engrais minéraux aux sels ammoniacaux ou au nitrate de soude a naturellement produit un effet des plus avantageux, plus sensible en 1880 que dans toutes les cultures précédentes : on le voit nettement sur les parcelles 5, 6, 8 et 9, qui ont donné une récolte presque double des autres.

La valeur des engrais employés dans ces expériences est indiquée dans le tableau suivant :

			Fr.
Parcelle	2.	Sels ammoniacaux seulement........	131,25
—	3.	Nitrate de soude seulement..........	125
—	4.	Engrais minéraux seulement.........	203
—	5.	Engrais minéraux et sels ammoniacaux.	334.30
—	6.	Engrais minéraux et nitrate de soude..	328
—	8.	Engrais minéraux et sels ammoniacaux.	465.60
—	9.	Engrais minéraux et nitrate de soude..	453

EXPÉRIENCES SUR LA CULTURE CONTINUE DE L'ORGE.

La terre fut ensemencée sur labour le 20 mars 1880.

Les engrais minéraux avaient été semés le 23 février; le 24 et le 25 on distribuait au semoir les engrais solubles, sels ammoniacaux et nitrate de soude.

Le fumier, répandu sur les deux dernières parcelles les 20 et 21 janvier, provenait, comme nous l'avons déjà dit, de quatre bœufs qui, pendant cinq semaines, ont consommé la nourriture suivante :

255 kil. tourteau de coton,
408 kil. farine de maïs,
3050 kil. navets,
510 kil: paille de blé.

Il faut joindre à cela 590 kilog. de paille coupée employée comme litière.

L'un des quatre animaux, se refusant absolument à rester sur la plate forme de la bascule, n'a pas pu être pesé ; un autre n'a pas sensiblement changé de poids; les deux derniers ont gagné, par tête et par semaine, environ 4k 500.

L'orge est bien venue, et est restée régulière sur toutes les parcelles; on fit la récolte le 17 août 1880.

Le tableau suivant donne le poids des récoltes obtenues sur les différents carrés.

PARCELLES.	ENGRAIS EMPLOYÉS.	GRAIN.	PAILLE.
		hect.	kil.
1	Sans engrais	29.2	2196
2	224 kil. sels ammoniacaux	36	2672
3	308 kil. nitrate de soude	40.6	3330
4	Engrais minéraux seulement	20.2	1747
5	Engrais minéraux et 224 kil. sels ammoniacaux.	45.2	3400
6	Engrais minéraux et 308 kil. nitrate de soude	44.0	3985
7	Sans engrais	18.9	1648
8	Engrais minéraux et 448 kil. sels ammoniacaux.	43.9	3877
9	Engrais minéraux et 616 kil. nitrate de soude	40.1	4540
10	10000 kil. fumier	32.1	2493
11	20000 kil. fumier	39.8	2940

On voit de suite que, contrairement à ce qui a été observé sur le blé, les engrais minéraux employés seuls ne produisent pas d'effet sur l'orge.

Le nitrate de soude paraît être plus avantageux que les sels ammoniacaux, surtout au point de vue de la production de la paille : c'est l'inverse qu'on avait obtenu les années précédentes.

Quand on double la proportion d'engrais, on accroît seulement le poids de la paille; le grain peut même diminuer légèrement.

Le fumier employé seul a donné des résultats avantageux, comparables jusqu'à un certain point à ceux qu'on a obtenus à l'aide des engrais artificiels.

Nous ferons remarquer que les deux témoins sont loin d'avoir donné des récoltes identiques; tous les ans le n° 1 est supérieur au n° 7; les différences tiennent donc à la nature même du sol sur lequel ils ont été établis.

En résumé les récoltes sont meilleures en 1880 qu'elles ne l'étaient en 1879, bien que la saison fût en général mauvaise.

Il est évident, d'après cela, que la terre du champ d'expériences de Woburn se prête mieux à la culture de l'orge qu'à celle du blé. Même dans des circonstances défavorables, elle donne encore de bonnes récoltes sous l'influence des engrais artificiels, mais il faut bien se garder d'accroître outre mesure la dose de ceux-ci, car on favorise alors seulement la production de la paille, surtout pen-

dant les années humides où la maturation se fait mal et où la végétation ne subit pour ainsi dire pas d'arrêt.

EXPÉRIENCES SUR L'ASSOLEMENT QUADRIENNAL.

Rotation n° 1. 1877 *prairie;* 1878 *blé;* 1879 *navets;* 1880, *orge.*

Orge 1880. Les navets obtenus en 1879 furent consommés sur place par les moutons. La terre, labourée le 1er avril, fut ensemencée en orge le 8 à raison de 2 hectolitres à l'hectare; le 10 mai on semait du trêfle pour l'année suivante.

En 1879 la terre avait reçu les engrais suivants :

Parcelles 1 et 2 : fumier de ferme seulement.

Parcelles 3 et 4 : fumier de ferme et engrais artificiels, minéraux et azotés.

L'orge qui a succédé aux navets n'a rien reçu sur les planches 1, 2 et 4; la parcelle 3 seule a eu, au commencement de juin, une fumure de 140 kilog. de nitrate de soude.

Voici les résultats qui ont été obtenus :

ENGRAIS EMPLOYÉS EN 1880.	GRAIN.	PAILLE.
	hect.	kil.
Parcelle 1. Sans engrais	37.2	3177
— 2. Sans engrais	32.2	3069
— 3. 140 kil. nitrate de soude	36.9	3435
— 4. Sans engrais	30.1	2798

Les récoltes ont été bonnes partout : la meilleure a été obtenue sur la parcelle 1 qui avait reçu, l'année précédente, du fumier provenant d'une alimentation au tourteau de coton.

Le nitrate de soude a donné aussi une très bonne récolte, mais le grain était un peu moins dense que sur les autres parcelles; la paille est très abondante, c'est le même fait que nous avons précédemment établi dans nos expériences sur la culture continue de l'orge.

Rotation n° 2. 1877, *navets;* 1878, *orge;* 1879, *prairie;* 1880, *blé.*

Blé 1880. Le trêfle avait été pâturé en 1879 par les moutons; on

a dû leur donner, comme supplément de nourriture, 752 kilog. (poids ramené à l'hectare) de tourteau de coton sur la planche 1 et 815 kilog. de farine de maïs sur la planche 2.

Le blé a reçu, sur les parcelles 3 et 4, une quantité d'engrais artificiels équivalente à l'excédant de fumier qui a été ainsi produit sur les parcelles 1 et 2; celles-ci sont restées sans engrais.

Les semailles furent faites le 18 novembre 1879; le nitrate de soude employé dans les expériences 3 et 4 ne fut répandu qu'au printemps, le 24 mars 1880.

Dès le début de la végétation, la récolte promettait d'être superbe, mais le froid et l'humidité excessive qui survinrent en juillet diminuèrent beaucoup la quantité de grain en arrêtant la maturation.

La récolte eut lieu du 31 août au 6 septembre; voici les résultats qui ont été obtenus :

ENGRAIS EMPLOYÉS EN 1880.	GRAIN.	PAILLE.
	hect.	kil.
Parcelle 1. Sans engrais	20.4	4295
— 2. Sans engrais	23.6	4832
— 3. Engrais équivalents au fumier produit par 752 kil. tourteau	19.7	4977
— 4. Engrais équivalents au fumier produit par 815 kil. maïs	22.6	4676

En 1879, la récolte du blé avait varié, sur les quatre parcelles en expérience, de 32 à 34 hectolitres, pesant chacun de 68 à 70 kilog. En 1880 la récolte tombe à 20 ou 23 hectolitres, et le grain ne pèse plus que 64 kilog., c'est-à-dire moins que l'orge obtenue en 1880 dans la rotation n° 1.

Les meilleurs rendements sont donnés par les parcelles 2 et 4, qui ont reçu la moindre proportion d'engrais (fumier de maïs en 1879 ou nitrate de soude ou quantité équivalente en 1880); il est remarquable que la parcelle 3, qui a été plus abondamment fumée que les autres, n'ait pu produire que 20 hectolitres de grain; la paille, en revanche, est sensiblement plus abondante.

En résumé, il semble que, pendant les années froides et humides,

comme l'a été 1880, les fortes fumures ne produisent sur le blé aucun effet avantageux.

Rotation n° 3. 1878, *prairie;* 1879, *blé;* 1880, *navets;* 1881, *orge.*

Navets 1880. Le fumier qu'on a employé dans cette expérience a été produit par huit bœufs, dont quatre ont été nourris seulement de navets et de paille hachée; deux autres ont reçu, en outre de la ration précédente, 450 kilog. environ de tourteau de coton; les deux derniers ont consommé, en plus, 450 kilog. de farine de maïs.

La terre, labourée par deux fois, le 19 février et le 23 avril, reçut d'abord le fumier, puis les engrais minéraux, et en dernier lieu le nitrate de soude.

Les semailles furent faites le 28 avril 1880.

La graine leva régulièrement, et bientôt on put voir la planche 3 (nitrate de soude) devancer toutes les autres.

On fit la récolte au commencement de novembre; elle nous fournit les nombres suivants :

ENGRAIS EMPLOYÉS EN 1880.	RACINES.	FEUILLES.
	kil.	kil.
Parcelle 1. Fumier (du tourteau de coton)...........	49030	9530
— 2. Fumier (de la farine de maïs)............	47666	8363
3. Fumier de navets, plus les engrais équivalents au tourteau de l'expérience 1.......	61535	9482
4. Fumier de navets, plus les engrais équivalents au maïs de l'expérience 2..........	52487	8368

A l'examen de ce tableau on voit que l'année 1880 a été exceptionnellement favorable à la culture des racines; il est intéressant, au point de vue de l'influence qu'exerce la saison seulement, de comparer les résultats que nous venons d'exposer à ceux qui ont été obtenus en 1879 : la parcelle 1 au fumier de tourteau avait alors donné 11 300 kilog. seulement de racines; cette fois nous en avons près de 50 000 kilog; la parcelle 3, en 1879, avait produit 19 000 kilog.; cette année la récolte a été plus que triple, et les

expériences sont rigoureusement comparables, car elles ont eu lieu sur la même terre, soumise aux mêmes façons, et fumée de la même manière ; les différences ne tiennent donc qu'aux conditions météorologiques spéciales à ces deux années ; en 1879, mai et juin avaient été froids, tandis qu'en 1880 ils furent chauds et passablement pluvieux; les jeunes plantes purent alors se développer rapidement et conserver toute leur vigueur pendant le reste de l'année, qui se maintint notablement plus humide que d'ordinaire.

Rotation n° 4. 1878, *navets;* 1879, *orge;* 1880, *prairie;* 1881, *blé.*

Prairie 1880. On avait semé en même temps que l'orge de 1879 du trèfle mélangé de ray grass d'Italie; ces plantes se sont admirablement développées en 1880 et ont bientôt produit un superbe pâturage. On y conduisit pour la première fois les moutons le 30 avril; sur les parcelles 1 et 2 on leur donnait, en plus du trèfle qu'ils pouvaient consommer librement, 0^k 225 environ de tourteau ou de maïs; on les fit revenir à quatre reprises différentes sur la prairie, jusqu'au 1er octobre, et, chaque fois, on déterminait avec soin l'accroissement de poids qu'ils avaient acquis; voici le résultat final de ces pesées :

	Accroissement de poids vif total rapporté à l'hectare. kil.
Parcelle 1	293.2
— 2	354.2
— 3	245.8
— 4	351.1

On voit que la parcelle 4 a donné à peu près autant que la parcelle 2, bien que les animaux n'eussent pas à leur disposition, comme sur celle-ci, d'autre aliment que le trèfle lui-même; ce fait tient à ce que, en 1879, l'orge était restée plus claire sur cette planche que sur les trois autres; l'herbage a pu alors se développer plus vigoureusement, et, en effet, il s'est toujours montré plus fort que les autres en 1880.

En somme, le résultat final est moins avantageux qu'en 1879; la végétation, plus rapide cette année à cause de l'abondance des pluies, paraissait devoir fournir une récolte abondante, mais la maturation n'a pas pu se faire, et le fourrage est resté de qualité inférieure : par suite les animaux en ont moins profité pendant les saisons précédentes.

Les phosphates dans la culture des turneps. — Résumé des expériences entreprises dans les différentes parties de l'Écosse en 1880.

PAR M. GEORGES BROWN
De Watten (Caithness)[1].

Pendant la saison 1879, j'avais entrepris une série d'expériences comparatives sur l'emploi des os et des phosphates minéraux à la culture des turneps. La publication de mes résultats fut pour moi l'occasion d'entrer en correspondance avec un certain nombre de fermiers qui désiraient conduire chez eux une série d'essais analogues; il s'agissait de savoir sous quelle forme les phosphates réussissent le mieux pour la culture des turneps; il fut alors convenu de disposer les expériences de la manière suivante :

Sur un sol bien uniforme de composition et divisé en planches de un quart à un huitième d'acre, on devait placer sur une bonne fumure de fumier de ferme une quantité telle de chaque engrais phosphaté, que partout il y eût la même proportion d'acide phosphorique.

Une parcelle ne devait recevoir que du fumier seulement, enfin tous les essais devaient être effectués en double, afin de se mettre à l'abri des causes d'erreur accidentelles qui eussent pu fausser les résultats de l'expérience.

Les engrais employés sur la surface d'un hectare ont été les suivants :

Poudre d'os	627	kilogrammes.
Os dissous	893	—
Poudre d'os et superphosphate d'os mélangés	760	—
Engrais ordinaire	627	—
Poudre de coprolites	627	—
Superphosphate minéral	1025	—
Coprolites et superphosphate mélangés	790	—

Voici les principaux résultats qui ont été obtenus :

BERWICKSHIRE. — M. John Wilson, de Chapel Hill, Berwickshire, s'exprime en ces termes : « Le sol sur lequel j'ai expérimenté est une terre forte, argileuse, drainée dans toutes ses parties et considérée comme excellente pour la culture des racines; elle sortait d'avoine, après trois années de prairie pâturée sur place par les

1. *The Agricultural Gazette*, 1881.

moutons. Elle reçut à l'automne 3000 kilogrammes de fumier de ferme, fut labourée dans de bonnes conditions le 1er novembre; enfin ensemencée le 28 mai. Il n'y eut que de très faibles différences dans l'aspect des cultures jusqu'au mois d'octobre, pendant lequel la planche au fumier seul commença à perdre l'apparence luxuriante que présentaient toutes les autres. La pesée des récoltes, effectuée le 12 novembre, donna l'avantage, à la fois sous le rapport du poids total et du prix de revient des racines, aux poudres d'os, employées seules ou mélangées de superphosphates.

Le superphosphate d'os a, dans les deux séries d'expériences, donné une récolte moins avantageuse, surtout au point de vue économique, à cause de son prix relativement élevé.

Stirlingshire. — M. John Murray, de Munniston, Stirling, nous communique les résultats suivants :

Nos expériences ont porté sur une terre argileuse, cultivée en turneps en 1873, puis en avoine et en herbages; elle fut pâturée pendant trois ans, défoncée pendant l'hiver et travaillée au printemps jusqu'à l'époque des semailles. On employa le turneps vert d'Aberdeen.

Jusqu'au mois d'août, on ne put voir entre les diverses parcelles à phosphates aucune différence sensible; seule, la planche à fumier de ferme se montrait notablement inférieure à toutes les autres. Le 17 août, la parcelle aux os dissous tenait la tête, mais il était impossible de rien prévoir touchant la récolte des racines. A la fin l'avantage resta au mélange de coprolites et de superphosphate minéral qui nous fournit plus de 68 000 kilogrammes de racines à l'hectare avec le prix de revient le plus faible; venaient ensuite les os dissous et le superphosphate minéral employé seul.

Le moins avantageux de tous les engrais employés a été la poudre d'os, qui n'a fourni sur la parcelle au fumier seul qu'un excédant de récolte très faible, revenant nécessairement à un prix fort élevé.

Nous ajouterons, en terminant, que la terre sur laquelle ont porté ces essais ne contient qu'une trace de potasse, et qu'en général on retire un grand bénéfice de l'emploi de cette substance comme engrais.

Banff. — Les expériences ont été conduites, avec le plus grand soin, par M. John Simpson, de Clunnymore, Banffshire, qui nous communique le rapport suivant :

Sol argileux, soumis depuis 40 ans à un assolement quinquennal composé de la manière suivante : 1re année, avoine avec ray-grass et trèfle; 2e et 3e années, ray-grass et trèfle pâturés; 4e année, avoine; 5e année, turneps. Les planches sont chacune d'un huitième d'acre de superficie et exposées au nord; l'analyse y décèle la présence d'une forte proportion de matières organiques, 8 pour 100 environ; l'acide phosphorique est faible : un demi pour 1000 seulement.

Après les travaux habituels, la terre fut ensemencée le 22 mai en turneps d'Aberdeen.

Dès le 1er juin on commençait à voir les plantes lever sur les parcelles aux coprolites et aux poudres d'os; les autres planches, et notamment celles qui n'ont pas reçu de phosphates, furent sensiblement en retard sur celles-ci.

La meilleure récolte a été fournie, dans un cas, par le superphosphate d'os, dans l'autre par les os pulvérisés qui ont présenté, au point de vue du prix de revient des racines, un avantage réel sur la parcelle qui n'avait reçu que du fumier seulement.

Dans une autre série d'essais où on n'a pas employé de fumier, les phosphates ont été loin d'être aussi avantageux que dans le cas précédent; il n'y a guère que le superphosphate d'os, mélangé ou non avec la poudre d'os, qui ait donné une récolte de racines supérieure à celle du carré sans engrais, et celui-ci est le seul qui nous ait fourni la tonne de turneps au prix exceptionnel de 19 fr. 25, déduit des frais de culture exécutés antérieurement.

Caithness. — Les essais ont été entrepris par M. James Logan, à Ulbster, Caithness.

Terre forte, reposant sur un sous-sol argileux, soumise à l'assolement quinquennal et cultivée en avoine pendant l'année 1879. On sema le turneps d'Aberdeen le 4 juin, sur une fumure de 25000 kilogrammes de fumier environ.

A l'exception de la parcelle au fumier seul, qui se montrait sensiblement inférieure, aucune différence notable ne se manifesta jusqu'à l'époque du premier sarclage : vers la mi-juillet, les superphosphates minéraux et les os dissous présentaient le plus bel aspect; venaient ensuite les superphosphates mélangés d'os ou de phosphates minéraux. Au moment de la récolte, l'avantage resta à la poudre d'os ou de coprolites, qui ont donné le meilleur rendement avec la plus faible dépense.

CAITHNESS. — *Expériences entreprises par M. Georges Brown, à Watten Mains, Caithness.*

La terre que j'ai choisie pour effectuer ces essais, extrêmement favorable à la culture des turneps, est argileuse et repose sur le vieux grès rouge; elle a été mise en pâture pendant six ans, puis a fourni une récolte d'avoine.

Après les travaux ordinaires, on l'ensemença en navets d'Aberdeen le 1er juin. Sur les parcelles qui avaient reçu du fumier, les superphosphates d'os conduisirent aux meilleurs résultats; sur celles qui n'avaient pas eu de fumure azotée, les coprolites mélangés de superphosphates atteignirent presque les os dissous, en donnant 75300 kilogrammes de racines à l'hectare; sous leur influence, la récolte, comparée à celle du témoin, avait doublé, sans que l'accroissement fût du reste suffisant pour donner la tonne de racines à un prix moins élevé que celui-ci.

En résumé, ces expériences, conduites toutes avec le plus grand soin et dans les conditions les plus différentes, au point de vue du climat et de la composition du sol sur lequel elles ont été entreprises, sont loin d'être concordantes quant au résultat final, et, à notre avis, ce serait se tromper grossièrement que de vouloir chercher la vérité dans la moyenne de tous les nombres obtenus : les divergences tiennent uniquement aux conditions dans lesquelles s'est trouvée la culture, et, dans certains cas, il est facile d'en trouver l'explication immédiate : M. Wilson, par exemple, donne l'avantage aux poudres d'os; or, la terre sur laquelle il a expérimenté est argileuse, fortement chargée de matières organiques, et, par conséquent, des plus propres à faciliter la décomposition et la dissolution des phosphates naturellement insolubles.

D'autre part, on se rappelle que l'un des caractères saillants de cette saison a été une sécheresse qui s'est prolongée pendant plus d'un mois, du 5 août au 10 septembre; les superphosphates ayant surtout pour effet, comme nous l'avons nous-mêmes observé, d'accroître beaucoup la surface foliacée et par conséquent l'évaporation qu'activait encore la chaleur excessive de cette période, on conçoit que les racines aient pu, sous leur influence, souffrir davantage d'un manque d'humidité et fournir, finalement, une récolte moins avantageuse. Il est possible que les résultats du Berwickshire soient exceptionnels et dus uniquement aux circonstances anormales de la saison 1880.

Les expériences de Munniston et de Clunnymore conduisent à une conclusion inverse : sur ces sols, les superphosphates sont sensiblement plus avantageux que les phosphates insolubles.

M. Logan observe le contraire, mais là encore nous pouvons facilement en saisir la raison : les sols de Caithness sont à peu près complètement dépourvus de chaux, et, au contraire, riches en oxydes de fer; dans ces conditions, il est évident que le superphosphate devient nuisible par son acidité; d'autre part, n'étant pas retenu à la surface par la précipitation qu'il subit d'ordinaire, l'acide phosphorique peut se perdre en partie dans les eaux de drainage, ou entrer en combinaison avec l'oxyde de fer qui le rend inassimilable. Il est à remarquer que ce sol n'a jamais été chaulé.

Ces premiers essais, que nous espérons poursuivre encore pendant les saisons suivantes, nous montrent donc que la même matière fertilisante est loin d'agir toujours avec la même efficacité; suivant les circonstances, son action se modifie plus ou moins profondément, et il est impossible de conclure d'une expérience isolée aux résultats qui pourront être obtenus ailleurs. C'est là sans doute qu'il faut chercher la cause des contradictions qui s'observent si souvent entre la pratique et la théorie.

Expériences de l'Aberdeenshire sur la valeur comparée des phosphates naturels et des superphosphates

PAR M. JAMIESON[1].

Dans la dernière publication de la Société royale d'agriculture d'Angleterre, le docteur Vœlcker a publié, sur la demande de la section de chimie, une note relative aux expériences de l'Aberdeenshire.

Notre réponse sera courte, par cette raison que notre savant contradicteur se propose seulement « d'attirer l'attention sur quelques expériences peu connues, dont les résultats furent diamétralement opposés à ceux que nous avons obtenus. »

Le détail de nos expériences se trouve dans nos mémoires originaux, nous n'y reviendrons pas; nous rappellerons seulement que nos essais ont été entrepris en vue de répondre aux deux questions suivantes :

1. Voir *Annales agronomiques*, tome IV, p. 617 et tome VI, p. 501.

1° Quelle est l'influence de la forme sous laquelle l'azote est appliqué dans l'engrais ?

2° Quel est l'état le plus avantageux sous lequel on doit employer les phosphates ?

Personne ne conteste aujourd'hui l'influence de ces deux matières fertilisantes, l'azote et l'acide phosphorique, surtout lorsquelles sont mélangées : or, le docteur Vœlcker, négligeant complètement l'un des côtés de la question, se borne à examiner l'influence des phosphates.

Il est possible que la présence de l'azote modifie profondément les résultats obtenus à l'aide de ces derniers ; nous sommes alors conduits, pour répondre aux objections de M. Vœlcker relativement à la valeur agricole des phosphates solubles et insolubles, à éliminer toutes les expériences dans lesquelles on s'est servi d'engrais azotés.

Il ne reste plus alors, des résultats que M. Vœlcker nous oppose, que dix expériences, dont cinq seulement touchent à la question soulevée. A ce sujet, nous rappellerons que, peu de temps avant la publication des expériences de l'Aberdeenshire, M. Vœlcker écrivait :

« Les coprolites, l'apatite, le guano phosphaté et les autres variétés de phosphates minéraux ne produisent aucun effet sensible sur la végétation, même lorsqu'on les emploie à profusion et en poudre très fine. »

Ces quelques lignes résumaient l'opinion la plus répandue parmi les agriculteurs et les chimistes agricoles. Nous avons alors montré, par une suite nombreuse d'expériences, répétées pendant quatre ans sur cinq sols de composition différente, que les phosphates de chaux, d'origine animale ou minérale, agissent de la même manière et d'une façon très sensible sur les cultures de turneps.

Puis nous ajoutions : « La supériorité des phosphates de chaux solubles sur les phosphates insolubles n'est pas aussi grande qu'on le suppose d'ordinaire. »

Nous avons évalué cette supériorité à 10 p. 100 environ, tandis que, dans le commerce des engrais, on est généralement d'accord pour donner à l'acide phosphorique soluble une valeur double de celle qu'on attribue à l'acide phosphorique insoluble.

Si nous examinons maintenant les expériences du docteur Daubeny, rapportées par M. Vœlcker dans la notice qu'il nous a consa-

crée, nous voyons que la supériorité du superphosphate s'y marque seulement par 8 p. 100; nous avons trouvé, dans nos essais de l'Aberdeenshire, à la suite de 44 expériences effectuées en 1876, 77 et 78, 7 p. 100: ces résultats nous paraissent d'un accord très satisfaisant, et non pas « diamétralement opposés » comme le rapporte M. Vœlcker.

Les trois autres expériences qu'on nous oppose sont relatives à des cultures de céréales; nous n'avions en vue, dans nos premières recherches, que la culture des racines, par conséquent nous ne pouvons pas y répondre aujourd'hui : tout ce que nous pouvons dire, c'est que les céréales paraissent bénéficier, plus que toutes les autres cultures, de l'emploi des superphosphates.

En résumé, les expériences rapportées par M. Vœlcker, loin d'être en désaccord complet avec celles de l'Aberdeenshire, semblent les confirmer davantage : aucune, il est vrai, n'est relative à l'action directe des phosphates insolubles, question qui nous préoccupait davantage, mais nous trouvons dans la phrase suivante de M. Vœlcker la confirmation absolue de nos idées sur ce point :

« Je ne puis mettre en doute un instant l'efficacité du phosphate insoluble d'origine minérale. »

Si nous ajoutons que nos expériences sur l'état de division des engrais concordent absolument avec celles que M. Vœlcker a citées, nous pouvons, en terminant, exprimer l'espoir que la discussion est aujourd'hui définitivement close.

Sur la détermination des matières albuminoïdes et autres matières azotées dans les plantes

PAR E. SCHULZE ET J. BARBIERI[1].

Tous les chimistes ont reconnu la nécessité d'une réforme dans les procédés de dosage des substances contenues dans les plantes. Malheureusement, nous ne connaissons pas encore toutes ces matières, et nous devons provisoirement nous contenter de les répartir en quelques groupes principaux. On considérait autrefois toutes les substances azotées comme des matières albuminoïdes; on peut admettre aujourd'hui, avec les connaissances actuelles, que les substances azotées des plantes sont formées : de matières albu-

1. *Landw., Vers.*, st. XXVI, 3e et 4e fasc.

minoïdes, de produits provenant du dédoublement de ces matières albuminoïdes, d'alcaloïdes, de glucosides azotés, de nitrates et de sels ammoniacaux [1].

I. — Détermination de l'azote des matières albuminoides et des peptones.

Il n'a pas encore été possible d'isoler les matières albuminoïdes afin de pouvoir les peser directement. Jusqu'à présent, il faut se contenter du procédé indiqué par les auteurs [2], il y a quelque temps, qui consiste à épuiser la plante par l'eau ou par un autre dissolvant approprié, séparer l'albumine de l'extrait, puis doser l'azote dans le résidu; la différence entre cet azote et l'azote total donne l'azote des matières albuminoïdes. Il faut admettre, en opérant ainsi, que l'azote provenant des combinaisons insolubles appartient aux matières albuminoïdes et que les autres combinaisons azotées sont presque complètement solubles dans les dissolvants neutres (eau ou alcool étendu).

L'albumine végétale se sépare en chauffant l'extrait vers 80-90°; cette séparation n'est pas complète; de plus, certaines matières albuminoïdes peuvent être retenues en dissolution par des phosphates ou d'autres sels; pour séparer de petites quantités d'albumine, on peut employer une des méthodes suivantes :

Méthode de Rithausen. — On verse dans l'extrait une solution étendue de sulfate de cuivre, on neutralise avec un peu de soude ou de potasse, et on jette sur filtre le précipité qui contient les matières albuminoïdes en combinaison avec le cuivre. Dehmel [3] a recommandé cette méthode pour le dosage des matières albuminoïdes dans les fourrages. Stutzer a apporté la modification suivante : On épuise la matière par de l'eau, on porte à l'ébullition et on ajoute de l'hydrate d'oxyde de cuivre. On lave le précipité à l'eau chaude et à l'alcool absolu, on le sèche et on y dose l'azote, Avec cette modification, on peut séparer les matières albuminoïdes des nitrates, des sels ammoniacaux, de l'amygdaline, de l'asparagine, de la solanine, de la leucine et de la tyrosine.

L'auteur reproche à ce dernier procédé la formation de phos-

1. Les *Annales agronomiques* se sont déjà occupées à diverses reprises de cette difficile question, le lecteur se reportera avec fruit aux mémoires de M. Fausto Sestini, t. IV, p. 630, et de M. Church, même volume, p. 682.

2. *Landw.*, *Vers.*, VI, 161.

3. *Landw.*, *Vers.*, st. XXIII, 214.

phate de cuivre résultant de la décomposition des phosphates alcalins par l'hydrate d'oxyde de cuivre et, par suite, la mise en liberté d'alcali. De plus, les amides formant avec l'hydrate de cuivre des combinaisons insolubles ou difficilement solubles dans l'eau, l'auteur conseille de doser l'azote dans le liquide filtré après élimination du cuivre par l'hydrogène sulfuré; la différence entre ce nombre et celui de l'azote total représentera l'azote provenant des matières albuminoïdes.

Méthode de Hoppe-Seyler[1]. — On précipite dans une liqueur faiblement acide les matières albuminoïdes par de l'acétate de protoxyde de fer ; les peptones restent dans la liqueur.

Méthode de Hofmeister. — Cette méthode se rapproche de celle de Stutzer, l'hydrate d'oxyde de cuivre est remplacé par de l'hydrate d'oxyde de plomb. On amène le liquide à l'ébullition, puis on ajoute de l'hydrate de plomb et un peu d'acétate de cette base. L'addition de ce dernier sel a pour but de neutraliser les alcalis provenant de la double décomposition des phosphates et des sulfates alcalins par l'hydrate de plomb. La méthode suivante a été recommandée par Meisel, Sestini et Kellner; elle consiste à précipiter les matières albuminoïdes par une dissolution d'acétate neutre de plomb. L'auteur n'accorde qu'une confiance limitée à ce procédé, car il se précipite d'autres substances azotées (asparagine) que les matières albuminoïdes. De plus, l'acide phosphorique, l'acide sulfurique et la plupart des acides végétaux forment des combinaisons plombiques insolubles ou difficilement solubles. Le même reproche peut être adressé à la méthode d'Hofmeister[2] : l'acide aspartique et d'autres composés azotés peuvent être précipités par l'hydrate de plomb. C'est pour cette raison que Sestini a obtenu un précipité plus riche en azote en traitant un extrait de feuilles de mûrier par l'acétate de plomb qu'en traitant cet extrait par de l'acide tannique.

En résumé, avec les méthodes décrites ci-dessus, il n'est pas certain que toutes les matières albuminoïdes et qu'elles seules soient précipitées. Il faut employer ces procédés simultanément et choisir, parmi les résultats, les nombres qui semblent s'approcher le plus de la vérité.

1. *Journ. f.* Landw., 1880. 103.
2. Hofmeister. *Zeitschr. f. Physiol.*, ch. II, 288. Schmidt. *Arch. f. Anat. u. Physiol.*, 1879, 39.

Le meilleur réactif pour reconnaître la complète précipitation des matières albuminoïdes est le ferrocyanure de potassium en présence de l'acide acétique [1]. Le réactif de Millon n'est pas aussi bon, car il agit aussi bien sur les peptones que sur les matières albuminoïdes ; la présence de la tyrosine peut être aussi une cause d'erreur.

On peut employer la méthode de Dumas pour doser l'azote dans le précipité obtenu par l'hydrate de cuivre ou de plomb. Si l'on dose l'azote d'après la méthode Will-Warentrapp, la présence du cuivre ou du plomb pouvant avoir une influence sur les résultats, il vaut mieux doser l'azote dans le liquide après séparation du précipité et élimination de l'excès de cuivre ou de plomb par l'hydrogène sulfuré. — Outre les matières albuminoïdes, les végétaux renferment encore des peptones, et, comme on attribue aux peptones les mêmes qualités nutritives qu'aux matières albuminoïdes, il est nécessaire d'en déterminer les quantités, afin de juger la valeur alimentaire d'un fourrage.

On ne sait pas au juste ce que sont les peptones : les uns (Maly, Herth, Sdamkiewicz) les regardent comme isomères avec l'albumine, dont ils diffèrent en ce qu'ils ne sont pas coagulables ; d'autres (Kossel) prétendent que les peptones diffèrent de l'albumine par la composition élémentaire et qu'on peut les considérer comme des produits dérivés. Ces deux opinions peuvent être justes; entre les matières albuminoïdes et les substances cristallisées qui en sont les produits de dédoublement, il peut y avoir une série de produits intermédiaires auxquels on peut rapporter les peptones.

Les peptones donnent, en solution aqueuse, en présence d'une dissolution étendue de sulfate de cuivre et d'un peu de potasse, une coloration rouge. Cette coloration n'est caractéristique qu'en l'absence des matières albuminoïdes, ces dernières la donnant également. Les peptones sont précipités en solution acide par l'acide phosphotungstique ou l'acide phosphomolybdique; le tannin, l'iodure de mercure, l'iodure de potassium les précipitent également. Les sels de cuivre et de plomb, l'acétate de fer, l'hydrate de plomb sont sans action. Les peptones peuvent être isolés des matières cristallisées provenant du dédoublement des matières albuminoïdes (kristallinische Eiweisszersetzungsprodute) en les précipitant par

1. *Land.*, Vers., VI, 161.

l'acide phosphotungstique. Les alcaloïdes et les sels ammoniacaux sont précipités par ce réactif, mais ces corps se rencontrent rarement ou au moins en très petite quantité dans les végétaux destinés à l'alimentation, de sorte que le précipité obtenu avec l'acide phosphotungstique, dans un liquide exempt de matières albuminoïdes, provient des peptones. Pour les doser, Schimidt-Müllheim [1] chauffe l'extrait avec de l'acétate de fer, filtre et ajoute de l'acide phosphotungstique jusqu'à ce qu'une petite quantité ne donne plus de réaction avec le sulfate de cuivre et la soude. On dose l'azote dans le précipité par les procédés ordinaires.

Kern, Kellner et les auteurs ne croient pas que l'azote contenu dans le précipité par l'acide phosphotungstique provienne des peptones seulement, car si, après élimination des matières albuminoïdes, on ajoute du tannin, le précipité renferme bien moins d'azote que celui obtenu par l'acide phosphotungstique, ceci tendrait à prouver qu'il existe encore des produits intermédiaires entre les peptones et les produits cristallisés.

D'après ce qui précède, l'auteur conseille d'adopter l'ordre suivant dans l'analyse des fourrages :

1° Détermination de l'azote total.
2° — des matières albuminoïdes.
3° — après précipitation par l'acide phosphotungstique.

On aura ainsi les matières albuminoïdes, les matières précipitables par l'acide phosphotungstique (peptones), et enfin les matières non précipitables par cet acide, et qui sont les produits cristallisés (Crist. Eiweisszerschungsprod.) de dédoublement de l'albumine.

II. — Détermination de l'azote des matières cristallisées.

Les corps cristallisables azotés existant dans les végétaux et provenant du dédoublement des matières albuminoïdes sont : la leucine, la tyrosine, l'asparagine et la glutamine. La xanthine et la sarcine peuvent également se présenter dans les végétaux. La détermination de l'azote de ces matières peut se faire d'après la méthode de R. Sachsse. On chauffe l'extrait avec un acide minéral et on dose l'ammoniaque formée à l'aide de l'azotomètre. Les nombres obtenus par Sachsse sont un peu élevés, d'où il faut con-

1. *Arch. f. Physiol. u. Anat.*, 1879, 39. — 1880. 33.

clure que la décomposition de l'asparagine (et de son isomère, la glutamine) n'est pas aussi simple qu'on l'admet habituellement. Lorsqu'on veut obtenir l'asparagine cristallisée et la doser sous cette forme, il faut épuiser la masse végétale à l'eau chaude, coaguler les matières albuminoïdes en chauffant vers 80-90°, filtrer, neutraliser et concentrer au bain-marie. Au bout de quarante-huit heures, la plus grande partie de l'asparagine cristallise, les cristaux sont lavés à l'eau froide, à l'alcool faible, séchés et pesés. Les eaux-mères concentrées abandonnent encore des cristaux qui sont réunis aux premiers [1].

Si l'on opère suivant Sachsse, il faut agir de la façon suivante : on chauffe l'extrait pendant deux heures avec de l'acide chlorhydrique (7 à 8^{cc} HCl, 100^{cc} eau) ou avec de l'acide sulfurique (2 à $2,5^{cc}$ SO^3HO, 100^{cc} eau) dans un flacon fermé, et on termine le dosage à l'aide de l'azotomètre. Les matières albuminoïdes et les peptones pouvant amener des erreurs dans les résultats, l'auteur opère de la façon suivante : on acidule l'extrait avec de l'acide sulfurique et on ajoute de l'acide phosphotungstique tant qu'il se forme un précipité ; on filtre, on sature l'excès d'acide sulfurique et d'acide phosphotungstique par de l'eau de baryte et on détermine dans le liquide filtré l'asparagine ou la glutamine d'après la méthode de Sachsse.

Il existe un autre procédé (Sachsse et Kormann) qui consiste à traiter, à l'abri du contact de l'air, l'extrait par de l'acide sulfurique dilué et de l'azotite de potasse ou de soude. L'azote se dégage dans un tube gradué contenant une dissolution de sulfate de fer pour absorber le bioxyde d'azote. Les résultats sont un peu élevés, aussi Sachsse et Kormann conseillent-ils de retrancher 1^{cc} du volume d'azote trouvé.

Lorsqu'on compare les nombres obtenus en dosant l'azote dans les extraits après précipitation par l'acide phosphotungstique et en dosant l'azote par la méthode de Sachsse, on trouve des différences variant de 0,2 à 0,7 p. 100. Ces différences semblent indiquer qu'il existe dans les extraits des combinaisons azotées qui ne sont pas attaquées par l'acide azoteux ou qui ne cèdent qu'une partie de l'azote qu'elles renferment. L'auteur n'a trouvé jusqu'à présent qu'une seule combinaison de ce genre (dans les jeunes feuilles de platane) ; il se peut qu'il en existe d'autres, mais on ne pourra s'en assurer que par des recherches ultérieures.

1. Voyez sur le dosage de l'asparagine, F. Meunier, *Ann. agron.*, p. 375.

III. — Détermination de l'ammoniaque.

Les sels ammoniacaux ne se sont pas présentés jusqu'à présent en grande quantité dans les plantes. La méthode de Schlœsing peut servir pour en connaître les quantités. Le dosage n'est plus aussi simple lorsque les sels ammoniacaux sont accompagnés de glutamine et d'asparagine. Il faut laisser la matière en présence du lait de chaux pendant deux ou trois jours, et pendant ce temps l'asparagine et la glutamine peuvent subir un commencement de décomposition, c'est-à-dire que l'asparagine peut se transformer en aspartate, puis en succinate d'ammoniaque[1]. Pour écarter cette cause d'erreur, l'auteur a conseillé, dans un précédent mémoire, de relier le dosage de l'ammoniaque au dosage de l'asparagine. En retranchant de la quantité d'ammoniaque trouvée par la méthode Schlœsing dans un extrait traité par l'acide chlorhydrique, la quantité d'ammoniaque provenant de l'asparagine, on trouve l'ammoniaque préexistante. — Emmerling[2] dose directement l'ammoniaque en traitant la matière finement pulvérisée par un lait de chaux sous une cloche dont l'atmosphère a été raréfiée afin d'activer le dégagement d'ammoniaque[3].

Outre l'asparagine et la glutamine, les matières albuminoïdes et les peptones peuvent altérer les résultats, aussi n'est-il pas inutile d'ajouter un antiseptique, tel que l'acide phénique, le xanthogénate de potasse, la résorcine.

Enfin on peut encore doser l'ammoniaque en traitant le précipité obtenu avec l'acide phosphotungstique par un lait de chaux et en recueillant l'ammoniaque dégagée. Si l'on veut connaître l'ammoniaque existant dans l'extrait après l'action d'un acide minéral, il faut distiller sur de la magnésie. En retranchant du nombre ainsi obtenu celui que l'on a trouvé par la méthode Hemmerling, on a l'ammoniaque provenant du dédoublement des amides.

IV. — Préparation des extraits.

Pour extraire par l'eau les amides contenues dans une plante fourragère, il est préférable d'employer de l'eau froide, le dédou-

1. *Fehling's Handwb. d. chemie*, I, 815.
2. Landw., *Vers.*, st. XXIV, 129.
3. Voyez sur ce sujet : Pillet, *De l'existence de l'ammoniaque dans les végétaux. Ann. agron.*, t. VI, p. 266.

blement de l'asparagine et de la glutamine n'étant pas à craindre à la température ordinaire. Dans le cas où on croirait ne pas avoir dissout l'asparagine et d'autres amides difficilement solubles, on peut, après le traitement à l'eau froide, verser de l'eau chaude sur la masse et laisser quelque temps en contact. Kellner recommande le procédé d'extraction suivant : on traite 10 grammes de substance finement pulvérisée par 300^{cc} d'alcool à 40° et on ajoute quelques gouttes d'acide acétique. On chauffe pendant une demi-heure dans un ballon surmonté d'un tube à condensation ; on filtre après refroidissement, et afin d'éviter les lavages, on évapore un volume connu de liquide ; le résidu est repris à l'eau. En opérant ainsi, les liquides filtrent plus facilement, la température à laquelle s'effectue l'ébullition favorise moins la transformation des matières albuminoïdes en peptones, et par la présence de l'alcool on n'a pas à redouter l'influence des ferments.

L'auteur ne croit pas qu'il puisse se former des produits cristallisés pendant l'extraction; il n'en est pas de même des peptones; aussi pour en éviter la formation, pourrait-on traiter la matière par de l'eau tiède et porter ensuite à l'ébullition après un contact sufisant.

Conclusions. — Les méthodes données dans ce mémoire ne sont pas à l'abri de la critique et n'ont peut-être pas la précision exigée de bonnes méthodes analytiques. Elles permettent cependant de déterminer d'une manière approchée les quantités d'azote et les groupes auxquels appartient cet élément. Il est nécessaire de perfectionner les procédés au point de vue qualitatif, car l'indécision dans laquelle on se trouve provient du défaut de connaissance des matières azotées renfermées dans les végétaux.

Sur la composition de l'eau de pluie et des eaux de drainage recueillies à Rothamsted

PAR MM. LAWES, GILBERT ET WARINGTON.

(*The Journal of the royal agricultural Society of England*, 1881.)

L'objet de ce mémoire est de réunir tous les résultats des recherches qui ont été poursuivies à Rothamsted sur la composition et la quantité des eaux qui circulent dans le sol.

Une partie de ces recherches a déjà été publiée, mais nous n'avons jamais eu l'occasion de discuter les résultats qu'elles nous ont four-

nis. C'est ce que nous allons essayer de faire maintenant, en ajoutant à tous les faits connus jusqu'ici ceux que nous avons pu établir depuis ces publications.

Ce travail sera divisé en deux parties : la première sera réservée à l'étude des eaux de pluie tombées à Rothamsted; dans la seconde nous examinerons la composition des eaux de drainage et l'évaporation relatives à un sol non cultivé : prochainement nous étendrons cette étude aux terres en culture, et nous nous efforcerons de tirer de nos résultats la solution de quelques problèmes agricoles.

PREMIÈRE PARTIE. — Quantité et composition des eaux de pluie recueillies à Rothamsted.

1° *Pluviomètres.* En vue de déterminer exactement la hauteur d'eau tombée à Rothamsted et de recueillir une quantité de liquide suffisante pour en déterminer la composition, un grand pluviomètre fut installé pendant l'hiver 1852-1853 sur les terres de la ferme : le collecteur était en bois garni de plomb, de forme rectangulaire, et d'une surface égale à un millième d'acre (4 mètres carrés environ); il était élevé de deux pieds au-dessus du sol, correspondant à une altitude de 128 mètres au-dessus du niveau de la mer.

L'eau recueillie par le collecteur tombait dans un vase de verre qui se déversait lui-même, par un tube placé à la partie supérieure, dans un second vase semblable au premier. La quantité d'eau était déterminée, deux fois par jour s'il était nécessaire, en pesant l'ensemble des deux flacons : un pouce d'eau équivalait à un poids de $102^k,491$.

Cette disposition fut seule en usage jusqu'au mois de novembre 1876; on avait seulement remplacé, depuis 1873, les flacons de verre par des cylindres en fer galvanisé munis de tubes de niveau; par ce moyen on mesurait l'eau au lieu de la peser.

A ce premier pluviomètre on en a maintenant substitué un autre, de surface et de forme identiques, et placé dans le voisinage immédiat du premier; il est construit en verre, garni de plomb, et ses bords se trouvent à un pied seulement au-dessus du sol qui l'entoure ; celui-ci est cultivé continuellement en racines d'un côté; le reste est en herbages depuis 1874.

L'eau est recueillie dans quatre cylindres de fer galvanisé qui se déversent les uns dans les autres; chacun de ces cylindres peut contenir plus d'un demi-pouce d'eau de pluie, et les tubes dont ils

sont munis permettent d'évaluer la hauteur d'eau tombée à moins de un millième de pouce (0^{mm}, 025).

Enfin, on a continuellement observé, en même temps que les appareils que nous venons de décrire, un petit pluviomètre à entonnoir de cuivre, de 125 millimètres de diamètre; on a eu soin de le placer à côté des autres, et à la même altitude.

2. *Pluie tombée à Rothamsted.* Les indications fournies par le premier et le second de nos grands pluviomètres furent, pendant la première année de comparaison, rigoureusement identiques : les nombres étaient 0^{m},55903 pour l'un, 0^{m},55908 pour l'autre; plus tard on observa des différences dues à des fuites survenues dans l'ancien appareil; de plus l'humidité avait légèrement déformé l'entonnoir qui, comme nous l'avons déjà dit, était en bois; on se décida alors à l'abandonner complètement, et on n'observa plus que le pluviomètre à entonnoir de verre.

Le petit pluviomètre a constamment donné moins d'eau que les grands, et les différences sont, comme on va le voir, extrêmement variables; le tableau suivant donne la moyenne des résultats obtenus mois par mois pendant les 28 années d'expériences à l'aide des deux appareils dont nous venons de parler.

COMPARAISON DES DEUX PLUVIOMÈTRES OBSERVÉS A ROTHAMSTED
(moyenne de 28 ans).

	PLUIE PAR MOIS.		DIFFÉRENCES.	
	GRAND PLUVIOM.	PETIT PLUVIOM.	RÉELLES.	POUR 100.
	mm.	mm.	mm.	
Janvier.......	64.750	56.575	8.175	12.6
Février.......	43.200	37.700	5.500	12.7
Mars.........	42.325	34.975	7.350	17.4
Avril.........	50.200	45.075	5.125	10.2
Mai..........	58.225	53.725	4.500	7.7
Juin.........	61.275	56.800	4.475	7.3
Juillet........	67.600	63.325	4.275	6.3
Août.........	66.075	61.000	5.075	7.7
Septembre....	65.950	60.075	5.875	8.9
Octobre.......	77.225	69.600	7.625	9.9
Novembre.....	58.625	52.825	5.800	9.9
Décembre....	52.100	46.525	5.575	10.7
Total......	707.550	638.200	69.350	9.8

On voit que les différences présentent leur minimum pendant

l'été, au mois de juillet, et qu'elles s'accroissent de part et d'autre pour atteindre un maximum en mars; pendant tout l'hiver elles sont assez considérables pour produire, sur l'année entière, un écart de 69 millimètres, près du dixième de la quantité totale d'eau recueillie.

Dans certains cas il est facile de se rendre compte de ces différences: il est évident que la neige, par exemple, est mieux retenue sur le grand collecteur que sur le petit; les dépôts de givre et de rosée peuvent aussi y être plus abondants; mais cette explication, excellente pour la saison d'hiver, ne nous paraît pas suffire à donner la raison des écarts observés pendant le reste de l'année.

Quoi qu'il en soit, il résulte de ces observations que la hauteur d'eau qui tombe annuellement à Rothamsted est, en moyenne, de $0^m,7075$; ce chiffre est notablement plus élevé que la moyenne habituelle à l'est de l'Angleterre. Dans l'excellente carte dressée par M. Symons, à l'occasion du sixième rapport de la « Rivers' Pollution Commission », on voit, au milieu d'une contrée où la pluie est en moyenne de $0^m,62$, un district isolé, comprenant le Buckinghamshire, et une partie de Hertfordshire et Bedfordshire, où elle atteint jusqu'à $0^m,75$ de hauteur par an; c'est précisément dans cette région à pluies abondantes que se trouve Rothamsted.

Nous avons à ce sujet comparé avec soin nos observations à celles des stations météorologiques voisines; toutes sont moins pluvieuses que Rothamsted, surtout pendant l'été; en général le minimum de pluie tombe en février et mars; il y a accroissement jusqu'au mois d'août, puis une descente et enfin un maximum considérable en octobre; ce n'est que dans les stations appartenant à la zone des pluies moyennes que le maximum se trouve en juillet ou août; à Greenwich, cependant, on l'observe en octobre comme à Rothamsted.

D'après la règle adoptée par divers météorologistes, la plus grande sécheresse observée dans une période suffisamment longue doit être inférieure d'un tiers à la moyenne générale; trois années sèches consécutives doivent avoir une moyenne inférieure de un sixième seulement; enfin le maximum de pluie observé pendant l'année la plus humide doit être exactement double du minimum correspondant à la même période. Ces calculs, exécutés pour les observations faites dans huit stations différentes, nous ont conduits aux résultats qui suivent :

PLUIE TOMBÉE PENDANT L'ANNÉE LA PLUS HUMIDE, L'ANNÉE LA PLUS SÈCHE ET LES TROIS ANNÉES DE SÉCHERESSE CONTINUE DE LA PÉRIODE 1853-1879.

STATIONS.	ANNÉE LA PLUS HUMIDE.		ANNÉE LA PLUS SÈCHE.		TROIS ANNÉES DE SÉCHERESSE.	
	Observé.	Calculé.	Observé.	Calculé.	Observé.	Calculé.
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
Rothamsted...........	901	936.50	464.0	468.25	598.5	585.25
Saint-Albans..........	953.75	926.25	466.5	463.25	592.0	579.0
Hemel Hempstead.....	907	902	424.0	451.0	556.25	563.75
Hitchin...............	757	822	429.0	411.0	492.0	513.75
Royston...............	751.5	784	416.75	392.0	487.25	490.0
Cardington............	784.75	735	371.75	367.5	457.50	459.25
Stretham..............	725.75	698	345.25	349.0	395.75	436.25
Greenwich............	797.5	822	409.50	411.25	517.75	514.0
Moyenne........	822.25	828.25	415.75	414.25	512.25	517.75

L'accord est aussi satisfaisant que possible, par conséquent il est permis d'appliquer dans les limites de la pratique les différentes règles que nous venons de rappeler.

3. *Composition de l'eau de pluie.* Quand la vapeur d'eau se condense dans les hautes régions de l'atmosphère, et tombe sous forme de pluie, de neige ou de grêle, elle commence par dissoudre sur son passage une plus ou moins grande proportion des gaz qui constituent l'air : cette quantité varie avec le coefficient de solubilité de chacun de ces gaz, avec sa pression propre, et elle doit être d'autant plus considérable que la température de la pluie est plus basse, et la pression atmosphérique plus élevée : l'oxygène et l'azote dominent nécessairement, mais ils sont toujours accompagnés d'un peu d'acide carbonique et de carbonate d'ammoniaque.

Outre ces éléments gazeux, la pluie entraîne avec elle les différentes matières solides qui se trouvent en suspension dans l'air : les unes sont dissoutes, c'est le cas des chlorures, des sulfates, des nitrates de soude, de chaux et d'ammoniaque; les autres, insolubles, sont retenues mécaniquement et donnent à l'eau de pluie l'apparence trouble qu'on lui connaît : quelques-uns de ces éléments n'existent dans l'eau qu'en proportion extraordinairement faible, et l'analyse chimique est souvent impuissante à les déterminer avec exactitude. Cherchons d'abord quelle est l'origine possible des principes les plus importants que l'eau de pluie enlève ainsi à notre atmosphère.

L'ammoniaque provient évidemment de la décomposition des matières organiques, végétales ou animales; la combustion, surtout celle de la houille, en fournit aussi une certaine quantité : l'air des villes est plus riche en ammoniaque que celui des campagnes. D'après M. Schlœsing, l'Océan, dans les régions tropicales, est la source la plus importante de l'ammoniaque atmosphérique : grâce à la haute température qui règne dans ces contrées, l'ammoniaque s'échappe de ses dissolutions, se diffuse dans l'atmosphère, et enfin se répand sur toute la surface du globe : dans les hautes latitudes ce sont toujours les vents du sud qui apportent la plus grande quantité d'ammoniaque.

L'acide nitrique est en grande partie formé par les décharges électriques qui unissent directement l'oxygène à l'azote; d'autre part l'ozone qui se produit en même temps oxyde à la fois l'ammoniaque et l'acide azoteux et les transforme finalement en acide azotique ; une autre origine de cette substance, indépendante de l'action de l'électricité, est l'oxydation de l'ammoniaque par l'eau oxygénée; on sait que celle-ci peut prendre naissance par le simple contact de l'air avec l'essence de térébenthine et un certain nombre d'autres corps; il serait alors possible que le voisinage d'une forêt d'arbres résineux, pins ou autres, fût une cause de formation d'acide nitrique non encore signalée.

Les sulfates contenus dans l'air proviennent surtout, d'après Angus Smith, de l'oxydation des composés sulfurés qui se produisent au moment de la putréfaction des matières organiques. Dans les villes l'oxydation de l'acide sulfureux formé pendant la combustion de la houille s'ajoute encore à cette première cause de production.

Les chlorures sont fournis par l'Océan, dont l'eau, pulvérisée par les vents, peut se transporter jusqu'à de grandes distances sous forme de poussière; la combustion peut aussi en produire de petites quantités.

La recherche de l'ammoniaque et de l'acide nitrique contenus dans l'eau de pluie est une question qui intéresse au plus haut point l'agriculture; en effet, ces deux substances forment la base de l'alimentation des plantes, et le cultivateur n'hésite pas à se les procurer à grands frais pour accroître autant que possible la fertilité de son sol.

De Saussure, Brandes et Liebig ont signalé ce fait bien avant les

expériences de Rothamsted : nos premières déterminations datent de 1846. Barral, en 1851, rechercha l'ammoniaque et l'acide nitrique dans l'eau de pluie tombée à Paris pendant plusieurs mois consécutifs; en 1852, Boussingault déterminait l'ammoniaque dans l'eau recueillie à Liebfrauenberg, en Alsace. La présence, à Rothamsted, d'un grand pluviomètre permettant de recueillir un volume d'eau considérable, nous détermina à poursuivre ce travail; à cet effet, on mit chaque jour de côté une certaine proportion de l'eau obtenue, et, à la fin du mois, on mélangea tous ces échantillons de manière à avoir une moyenne exacte de la pluie tombée pendant cette période. Les dosages d'ammoniaque furent ainsi faits régulièrement, mois par mois, depuis mars 1853 jusqu'à mai 1854 : la méthode employée consistait à distiller une fraction de liquide et à titrer le produit obtenu par l'acide sulfurique normal et un alcali. Les résultats de ces analyses ont été communiqués, en 1854, à l'Association britannique pour l'avancement des sciences. Nous n'en donnerons ici qu'un résumé succinct.

AZOTE EXISTANT SOUS FORME D'AMMONIAQUE DANS L'EAU DE PLUIE RECUEILLIE A ROTHAMSTED.

	853			1854		
	PLUIE TOMBÉE.	AZOTE AMMONIACAL		PLUIE TOMBÉE.	AZOTE AMMONIACAL	
		par m. cube.	par hectare.		par m. cube.	par hectare.
	mm.	gr.	kil.	mm.	gr.	kil.
Janvier...	»	»	»	50.850	0.64	0.336
Février...	»	»	»	23.725	0.78	0.190
Mars.....	59,075	1.19	0.705	12.850	0.78	0.091
Avril.....	74.975	0.67	0.515	12.450	0.80	0.091
Mai......	42.050	1.10	0.470	109.600	0.37	0.425
Juin......	84.875	1.05	0.896	»	»	»
Juillet....	112.100	0.77	0.873	»	»	»
Août......	74.450	0.69	0.515	»	»	»
Septembre.	50.275	0.61	0.313	»	»	»
Octobre...	91.475	0.57	0.526	»	»	»
Novembre.	51.300	0.66	0.347	»	»	»
Décembre.	10.200	1.33	0.134	»	»	»

Nous trouvons ainsi que, pendant la première période de douze mois, il est tombé 725^{mm},35 d'eau contenant, sous forme d'ammoniaque, une quantité d'azote équivalente à 5^{k},824par hectare. Pendant les quinze mois d'expérience, on a recueilli 860^{mm},25 d'eau

contenant, en moyenne, 0,74 d'azote ammoniacal pour un million de parties[1].

On essaya aussi, à la même époque, de déterminer la petite quantité d'azote nitrique contenue dans l'eau de pluie, mais les méthodes d'analyses que l'on connaissait alors étaient incapables de conduire à des résultats suffisamment précis.

Les eaux recueillies à Rothamsted en 1855 et 1856 furent analysées par le professeur Way; il détermina exactement la quantité d'ammoniaque et d'acide nitrique dans les échantillons obtenus chaque mois par le mélange en proportions convenables des pluies journalières. L'ammoniaque était dosée par une méthode semblable à celle qui nous avait servi antérieurement; la détermination de l'acide nitrique a été faite par un procédé spécial, très sensible, et dont on trouvera le détail dans *the journal of the Royal Agricultural Society*, t. XVII, p. 142-618.

Le tableau suivant donne le résumé de ces recherches.

AZOTE AMMONIACAL ET NITRIQUE CONTENU DANS UN MÈTRE CUBE D'EAU.

	1855			1856		
	Pluie tombée.	Azote ammoniacal.	Azote nitrique.	Pluie tombée.	Azote ammoniacal.	Azote nitrique.
	mm.	gr.	gr.	mm.	gr.	gr.
Janvier....	14.950	1.08	0.06	69.550	0 93	0.09
Février....	24.825	1.22	0.16	33.800	1.60	0.07
Mars......	59.100	1.01	0.08	25.100	1.09	0.13
Avril......	10.250	1.45	0.13	65.275	1.72	0.07
Mai.......	58.100	0.94	0.13	116.675	1.49	0.10
Juin	41.175	1.59	0.30	47.800	1.33	0.17
Juillet.....	173.900	0.72	0.06	37.100	1.00	0.13
Août......	65.825	0.94	0.22	66.125	0.82	0.13
Septembre.	38.625	1.12	0.08	54.675	1.42	0.13
Octobre....	137.525	0.72	0.13	71.850	0.71	0.12
Novembre..	61.825	0.64	0.07	35.550	0.94	0.16
Décembre.	43.050	0.79	0.06	55.875	0.94	0.15
Total...	729.150	0.88	0.12	680.375	1.18	0.12

On voit que la quantité d'ammoniaque trouvée par M. Way est en général supérieure à celle que nous avions précédemment

1. Ce nombre a été calculé d'après la quantité d'eau tombée chaque mois, et non pas en faisant la moyenne de tous les chiffres donnés dans la seconde colonne du tableau ci-dessus; il représente donc exactement la composition de l'eau tombée pendant toute la durée de l'expérience.

observée; la différence est surtout sensible pour l'année 1856. En moyenne, pendant les 24 mois d'expériences, l'eau contenait, sur 1 million de parties, 1,03 d'azote sous forme d'ammoniaque.

L'azote nitrique est beaucoup plus faible, sa moyenne n'est que de 0,12 par million pendant deux années. M. Boussingault avait trouvé, à Liebfrauenberg, en 1852, une moyenne de 0,48 pour l'azote ammoniacal, et, en 1856, 0,048 seulement pour l'azote appartenant à l'acide azotique.

Les résultats donnés dans les tableaux précédents montrent que la quantité d'ammoniaque contenue dans l'eau de pluie est assujettie à des variations considérables : ces différences tiennent évidemment à ce que la composition de l'air est elle-même essentiellement variable. Dans les conditions normales, l'atmosphère est plus riche en été qu'en hiver, surtout quand le vent est à une température élevée. Dans les villes, on peut observer le contraire; mais cela tient à ce que, pendant l'hiver, on consomme une plus grande quantité de charbon, et que celui-ci donne en brûlant une certaine quantité d'ammoniaque.

A Rothamsted, les pluies d'été sont sensiblement plus riches en ammoniaque que les pluies hivernales; si nous réunissons toutes les analyses qui ont été faites à différentes époques de l'année, par le professeur Way et par nous-mêmes, en les arrangeant de manière à montrer l'influence de la saison, nous arrivons aux résultats qui suivent :

AZOTE EXISTANT SOUS FORME D'AMMONIAQUE DANS L'EAU DES PLUIES D'ÉTÉ ET D'HIVER; MOYENNE DE 3 ANS.

	PLUIE TOMBÉE.	AZOTE AMMONIACAL.	
		PAR MÈTRE CUBE.	PAR HECTARE.
	mm.	gr.	kil.
Été (avril à septembre)....	405.075	1.02	4.190
Hiver (octobre à mars).....	306.550	0.85	2.640
Année entière............	711.625	0.95	6.830

L'acide nitrique dosé par le professeur Way paraît aussi varier légèrement dans le même sens : la moyenne de deux ans donne, pour la pluie d'été, 0,122 pour un million de parties, et, pour la

pluie d'hiver, 0,109 seulement : la différence est plus faible que dans le cas de l'ammoniaque.

Une autre circonstance, qui paraît influer beaucoup sur la richesse des eaux météoriques, c'est l'abondance ou plutôt le mode de distribution des pluies : pendant un orage, ou en général toutes les fois qu'une grande quantité d'eau tombe en un temps très court, l'atmosphère, lavée dès les premiers instants, n'abandonne plus rien au reste de la pluie : celle-ci sera très pauvre ; si au contraire la même masse d'eau tombe par séries de petites averses, l'air a le temps de se renouveler entre chacune d'elles, et l'eau se trouve plus riche.

C'est ce qui résulte clairement des nombres donnés par le tableau qui suit.

AZOTE AMMONIACAL CONTENU DANS L'EAU DE PLUIE DIVERSEMENT ABONDANTES (moyenne pour un mois).

	PLUIE TOMBÉE.	AZOTE par MÈTRE CUBE.
	mm.	gr.
Au-dessous de un pouce (7 mois)....	15.600	1.06
Entre un et deux pouces (9 mois).....	38.250	1.17
Entre deux et trois pouces (16 mois)..	61.825	0.91
Au-dessus de trois pouces (7 mois)....	118.175	0.82

L'acide nitrique suit une marche analogue : pour des pluies qui ont donné moins de un pouce d'eau par mois, on a trouvé en moyenne, 0,12 d'azote nitrique pour un million de parties ; entre un et deux pouces, 0,14 ; entre deux et trois pouces 0,12 ; enfin, au-dessus de trois pouces, 0,10 seulement. On constate ici la même irrégularité que pour l'ammoniaque, à savoir que ce n'est pas la plus petite pluie qui s'est trouvée la plus riche, mais la différence est faible, et elle peut tenir à une inégale distribution de l'eau dans le courant du mois ; dans tous les cas, elle est insuffisante pour infirmer la règle.

Les dosages d'ammoniaque et d'acide nitrique effectués, les uns pendant deux ans, les autres pendant trois ans de suite, nous con-

duisent, au point de vue de l'enrichissement du sol, aux conclusions suivantes :

AZOTE APPORTÉ AU SOL PAR LA PLUIE SUR LA SURFACE D'UN HECTARE.

ANNÉES.	PLUIE TOMBÉE.	AZOTE		
		AMMONIACAL.	NITRIQUE.	TOTAL.
	mm.	kil.	kil.	kil.
1854...........	725.350	5.824	0.829	6.653
1855...........	729.150	6.518	0.806	7.324
1856...........	680.375	8.154	0.851	9.005
	—	—	—	—
Moyenne.......	711.625	6.832	0.829	7.661

Ainsi, en moyenne, avec une pluie correspondant à 711 millimètres d'eau, le sol reçoit annuellement 6^k,832 d'azote sous forme d'ammoniaque, et 0^k,829 sous forme d'acide azotique; la somme est de 7^k,661, correspondant à une fumure de 50 kilogrammes environ de nitrate de soude ordinaire; il faut bien remarquer, cependant, que ces recherches ont été effectuées à une époque où les procédes d'analyses n'étaient pas encore très perfectionnés; aussi allons-nous comparer leurs résultats à ceux qui ont été obtenus par d'autres observateurs.

L'ammoniaque et l'acide nitrique contenus dans les eaux de pluie ne représentent pas la totalité de l'azote abandonné au sol par notre atmosphère; il faudrait tenir compte aussi de l'ammoniaque qui est directement absorbée par la terre; il y a là, sans aucun doute, une source d'enrichissement considérable. Malheureusement, dans l'état actuel de nos connaissances, il nous est impossible d'en apprécier la valeur : c'est une question à mettre à l'étude.

Les dernières analyses des eaux de pluie de Rothamsted ont été faites par le Dr Frankland; elles ont été publiées dans le sixième rapport de la « Rivers' Pollution Commission », en 1874. Ces analyses comprennent 71 exemples d'eaux de pluies ou de neige recueillies dans le premier grand pluviomètre depuis le mois d'avril 1869 jusqu'au mois de mai 1870, plus 7 échantillons d'eaux de givre ou de rosée : elles ont été plus étendues que toutes les autres, et on peut dire que le travail de M. Frankland est, à tous les points

de vue, le plus complet de tous ceux qui ont été entrepris jusqu'à présent sur ce sujet. On a déterminé la somme de matières solides dissoutes dans l'eau, la quantité d'azote et de carbone appartenant aux matières organiques, en même temps que la proportion d'ammoniaque, d'acide azotique et de chlore; on a aussi cherché à apprécier la dureté de l'eau en dosant la chaux et la magnésie qu'elle pouvait contenir.

Les eaux étudiées par M. Frankland étaient de simples échantillons non mesurés qui ne représentaient aucunement la composition de la pluie annuelle ou même mensuelle; ses analyses ne peuvent donc servir à calculer la somme de principes ramenés au sol par les pluies dans l'espace d'une année, mais elles sont éminemment propres à découvrir les moindres variations que celles-ci peuvent subir dans leur composition, et c'était là surtout le but spécial de ces recherches.

Il est évident que l'eau qui tombe sur l'entonnoir d'un pluviomètre entraîne avec elle les impuretés qui s'y trouvent : l'air y dépose des poussières de toute espèce, enfin il n'est pas rare de trouver dans les flacons où l'on recueille l'eau, des excréments d'oiseaux et jusqu'à des insectes; on s'efforça, dans certains cas, d'éliminer cette cause d'erreur en lavant avec soin la surface du pluviomètre à l'eau distillée; d'autres fois on se contenta de recueillir les dernières portions d'une pluie après avoir lavé les appareils avec l'eau qu'ils contenaient déjà. Ordinairement ces eaux étaient recueillies directement dans des bouteilles bien propres, sans passer par le récepteur ordinaire du pluviomètre; leur composition moyenne, comparée à celle des échantillons pour lesquels on n'avait pris aucune précaution spéciale, se trouve donnée dans le tableau suivant:

COMPOSITION MOYENNE DES EAUX RECUEILLIES DANS UN PLUVIOMÈTRE LAVÉ OU NON (pour un million de parties).

	MATIÈRES SOLIDES.	CARBONE ORGANIQUE.	AZOTE ORGANIQUE.	AZOTE AMMONIACAL.	AZOTE NITRIQUE.	AZOTE TOTAL.	CHLORE.	DURETÉ.
Pluviomètre lavé (22 échantillons).	28.0	0.64	0.16	0.30	0.12	0.58	2.1	4.0
Pluviomètre non lavé (47 échantillons).	36.0	1.03	0.20	0.41	0.15	0.76	3.6	4.8

En général on constate entre les deux séries de nombres des différences très sensibles; malheureusement il est difficile de dire si elles sont dues exclusivement au lavage des appareils, car presque toujours les nombres donnés dans la première ligne du tableau sont relatifs à la dernière portion de la chute de pluie, alors que l'atmosphère avait déjà été purifiée par un véritable lavage; il y a là une cause de variation considérable, qui, d'ailleurs, est bien mise en évidence par l'essai suivant : le 11 mai 1870, à 11 heures 30 du matin, on nettoya parfaitement le pluviomètre en prévision d'une pluie; celle-ci étant survenue, on préleva dans l'appareil deux échantillons, l'un à 3 heures, l'autre à 4 heures 30 après midi, et on trouva dans ces deux exemples d'une même eau, prise à des périodes de chute différentes, les éléments qui suivent :

	MATIÈRES SOLIDES.	CARBONE ORGANIQUE.	AZOTE ORGANIQUE.	AZOTE AMMONIACAL.	AZOTE NITRIQUE.	AZOTE TOTAL.	CHLORE.
Eau prise à 3 h.....	40.8	0.93	0.18	1.07	0.18	1.43	1.0
Eau prise à 4 h. 30.	29.4	0.62	0.19	0.37	0 13	0.69	0.8

On voit que le second échantillon était infiniment plus pur que le premier, surtout en ce qui regarde les poussières et les matières solubles comme l'ammoniaque, l'acide azotique et les chlorures.

D'une manière générale on peut dire que rien n'est plus variable que la composition des matières entraînées par la pluie; le tableau suivant, qui résume les principaux résultats obtenus par le docteur Frankland, en fournit la preuve :

MAXIMUM, MINIMUM ET MOYENNE DES PRINCIPES CONTENUS DANS UN MÈTRE CUBE D'EAU DE PLUIE.

	MATIÈRES SOLIDES.	CARBONE ORGANIQUE.	AZOTE ORGANIQUE.	AZOTE AMMONIACAL.	AZOTE NITRIQUE.	AZOTE TOTAL.	CHLORE.	DURETÉ.
Maximum..............	85.8	3.72	0.66	1.28	0.44	1.04	16.5	16.0
Minimum...............	6.2	0.21	0.03	0.04	0.01	0.13	0.0	0.0
Moyenne (69 analyses)....	33.1	0.90	0.19	0.37	0.14	0.70	3.1	4.7

La moyenne 0,14, qui exprime la quantité d'azote nitrique contenue dans l'eau de pluie, a été calculée sur 34 analyses seulement; les 35 autres n'en font pas mention, bien que, sans aucun doute, l'acide nitrique soit l'un des éléments les plus universellement répandus dans toutes les eaux météoriques.

M. Frankland nous a, du reste, avertis que l'absence d'acide nitrique signalée dans certains échantillons par ses analyses ne doit pas être considérée comme réelle; elle tient uniquement à l'insuffisance de la méthode de recherches qu'il avait adoptée; dans ses dernières analyses, il a transformé les acides azotique et azoteux en ammoniaque par l'aluminium, et alors il a pu en observer partout; quoique, souvent, en très minime proportion.

C'est pour cette raison que nous n'avons pas tenu compte, dans les calculs de moyenne, de toutes les analyses où l'acide nitrique semblait faire défaut.

Deux des échantillons d'eau analysés par M. Frankland ont été exclus des moyennes pour une cause différente : ce sont ceux qui ont été recueillis en janvier et février 1870; à cette époque le froid était intense, et la neige a recouvert pendant plusieurs jours de suite toute la surface du pluviomètre, retenant avec elle toutes les poussières que l'air pouvait y déposer; il en est résulté une eau tellement impure que nous avons jugé convenable de ne pas la faire entrer en ligne de compte avec les autres.

La quantité moyenne d'ammoniaque dosée par le professeur Frankland est seulement de 0,37 pour un million de parties; nos analyses antérieures en accusaient davantage, 0,95 environ; mais nous avons déjà fait remarquer que les deux résultats ne sont pas rigoureusement comparables, attendu que M. Frankland ne s'est jamais astreint à recueillir un échantillon qui représente avec exactitude la totalité de l'eau tombée dans une période définie; la différence est cependant assez grande pour qu'il soit nécessaire de recourir à d'autres explications que celles-ci.

Il est possible que les analyses de Rothamsted et du professeur Way soient entachées d'une cause d'erreur provenant de l'alcali arraché par la vapeur d'eau au serpentin de verre dans lequel s'est effectuée la condensation, et qu'on a dosé comme de l'ammoniaque; les analyses de Frankland, faites par le procédé de Nessler, sont

exemptes de cette objection. Un autre fait à prendre en considération est l'intervalle de temps qui s'écoule entre l'arrivée de l'eau dans le pluviomètre et l'analyse; si l'on conserve l'échantillon on court le risque de perdre de l'ammoniaque par volatilisation, et c'est sans doute ce qui nous est arrivé dans le courant de nos recherches.

Il devient alors extrêmement difficile de comparer entre eux les résultats obtenus par plusieurs observateurs différents qui jamais n'opèrent dans des conditions identiques; ce qu'il faudrait, pour arriver à connaître exactement la proportion d'ammoniaque contenue dans l'eau de pluie, c'est analyser celle-ci aussitôt après qu'elle est tombée; la détermination de l'ammoniaque totale contenue dans la pluie d'une année devient alors un vaste travail analytique, et le temps nous a jusqu'ici manqué à Rothamsted pour tenter même de l'entreprendre.

Les proportions d'azote nitrique trouvées par MM. Way et Frankland sont très concordantes; quant aux dosages du carbone et de l'azote organiques, ils sont pleins d'intérêt, car c'est la première fois qu'on les a effectués sur l'eau de pluie : ils représentent et permettent d'évaluer la matière organique dissoute par l'eau pendant son passage à travers l'atmosphère ou sur la surface du pluviomètre.

Le rapport moyen de l'azote au carbone est égal à 1 : 4 quand les appareils ont été d'abord soigneusement nettoyés; dans les conditions ordinaires on a trouvé 1 : 5,2; enfin la moyenne de toutes les analyses donne 1 : 4,8. La matière organique dissoute dans l'eau de pluie est donc bien réellement azotée.

Le chlore provient de la présence, dans l'air, du sel commun en suspension; en moyenne le docteur Frankland a trouvé 3,1 de chlore pour un million de parties d'eau.

La quantité totale de matières solides dissoutes est considérablement plus grande que la somme de toutes les substances dosées; le reste consiste surtout en sulfates, que Angus Smith a montrés existant toujours en proportion notable dans l'eau de pluie.

Examinons maintenant la composition des eaux de givre ou de rosée; il y a eu sept analyses, et quelques-unes d'entre elles sont relatives à des échantillons provenant du mélange de plusieurs dépôts successifs.

COMPOSITION DES EAUX DE GIVRE OU DE ROSÉE POUR 1.000.000 DE PARTIES.

	MATIÈRES SOLIDES.	CARBONE ORGANIQUE.	AZOTE ORGANIQUE.	AZOTE AMMONIACAL.	AZOTE NITRIQUE.	AZOTE TOTAL.	CHLORE.	DURETÉ.
Maximum...............	80.0	4.50	1.96	2.31	0.51	4.55	8.0	25.0
Minimum................	26.4	1.95	0.26	1.07	0.28	1.66	3.5	13.0
Moyenne (7 analyses).....	48.7	2.64	0.76	1.63	0.40	2.79	5.3	19.0

Ces petits dépôts, condensés dans les couches inférieures de l'atmosphère, renferment trois ou quatre fois plus de matières organiques, d'ammoniaque et d'acide azotique que l'eau de pluie ordinaire; la masse totale de matières solides et de chlorures est aussi infiniment plus considérable; le rapport moyen de l'azote organique au carbone a été trouvé égal à 1:3,5.

En résumé il ressort des chiffres donnés par le docteur Frankland que la composition des eaux météoriques varie dans des proportions extrêmement étendues; il est facile de voir, comme dans nos propres résultats, que les principales causes de ces variations sont, d'une part, l'abondance de la pluie elle-même, d'autre part la saison pendant laquelle elle a été recueillie. De tous les exemples donnés par M. Frankland, 54 seulement sont relatifs à des hauteurs d'eau déterminées; quatre autres comprennent la presque totalité de l'eau tombée pendant la période d'expériences, mais on a dû, pour des raisons déjà énoncées, rejeter deux de ces analyses; il reste donc 56 exemples propres à la discussion; dans le premier des tableaux suivants nous donnons les nombres qui expriment la composition de l'eau en rapport avec l'importance de la pluie : on voit nettement que la plupart des principes dissous vont en diminuant à mesure que la hauteur d'eau tombée devient plus considérable; le décroissement est rapide pour les chlorures; il est encore assez sensible pour les matières organiques; quant à la proportion de nitrates et de nitrites, elle présente quelques irrégularités qui tiennent à ce que les dosages n'ont été effectués que dans un petit nombre de cas, ce qui donne aux moyennes une plus grande incertitude.

Les autres divisions du tableau donnent les moyennes relatives aux pluies d'été et d'hiver; on a eu soin de ne comparer entre elles que les pluies d'égale importance, de façon à se mettre à l'abri de la cause d'erreur que nous venons de signaler. Nous remarquerons en outre que, parmi les 56 analyses qui ont servi à établir les comparaisons, aucune n'est relative au mois de juillet ni au mois de décembre; une seule a été faite en août, deux en novembre et janvier; la plupart des échantillons ont été pris en mai, avril et septembre pour la période d'été; en février, mars et octobre, pour la période d'hiver.

COMPOSITION DE DIFFÉRENTES EAUX DE PLUIE.

HAUTEUR D'EAU TOMBÉE.	MATIÈRES SOLIDES.	CARBONE ORGANIQUE.	AZOTE ORGANIQUE.	AZOTE AMMONIACAL.	AZOTE NITRIQUE.	AZOTE TOTAL.	CHLORE.
			Année entière.				
mm.							
Moins de 2 (22 exemples)...	38.2	0.95	0.21	0.46	0.12	0.79	1.2
Entre 2 et 5 (20 exemples)..	36.9	1.19	0.23	0.44	0.17	0.84	3.5
Entre 5 et 10 (7 exemples)..	34.9	0.74	0.14	0.23	0.11	0.48	1.8
Entre 12 et 25 (7 exemples) .	21.5	0.71	0.12	0.26	0.18	0.56	1.5
			Période d'été : avril à septembre.				
mm.							
Moins de 2 (10 exemples)...	42.2	1.10	0.17	0.48	0.17	0.82	3.2
Entre 2 et 5 (14 exemples)..	41.9	1.18	0.18	0.43	0.18	0.79	3.6
Entre 5 et 10 (4 exemples)..	42.6	1.01	0.15	0.25	0.12	0.52	2.3
Entre 12 et 25 (4 exemples).	26.3	0.97	0.11	0.35	0.38	0.84	1.9
			Période d'hiver : octobre à mars.				
mm.							
Moins de 2 (12 exemples)....	35.0	0.83	0.25	0.44	0.10	0.79	5.0
Entre 2 et 5 (6 exemples).	25.1	1.22	0.33	0.48	0.16	0.97	3.3
Entre 5 et 10 (3 exemples).	24.6	0.39	0.13	0.20	0.09	0.42	1.2
Entre 12 et 25 (3 exemples).	15.1	0.37	0.14	0.14	0.08	0.36	0.9

Malgré les imperfections des moyennes établies quelquefois sur un très petit nombre d'analyses, il est évident que, dans la grande majorité des cas, la pluie d'été est plus riche que la pluie d'hiver; la différence est considérable pour la matière solide totale, et on la voit porter à la fois sur l'ammoniaque, l'acide nitrique et le chlore;

un fait curieux s'observe pour la matière organique : en général elle est plus abondante en été qu'en hiver, et les dosages de carbone le démontrent clairement, mais il semble que la composition élémentaire se modifie avec la saison, tellement que l'azote organique paraît diminuer pendant la période d'été. Le rapport de l'azote au carbone subit alors une variation considérable qui est indiquée dans le tableau suivant.

RAPPORT MOYEN DE L'AZOTE AU CARBONE CONTENUS DANS LES MATIÈRES ORGANIQUES DE L'EAU DE PLUIE.

HAUTEUR D'EAU TOMBÉE.	ÉTÉ.	HIVER.	ANNÉE ENTIÈRE.
Moins de 2 millim...........	0.156	0.294	0.222
Entre 2 et 5 millim..........	0.153	0.270	0.188
Entre 5 et 10 millim.........	0.147	0.344	0.188
Entre 12 et 25 millim.	0.113	0.370	0.172

Il paraît probable que ces différences tiennent à ce que, pendant l'été, la matière organique dissoute dans l'eau est fraîchement élaborée, tandis que, pendant l'hiver, elle a déjà subi un commencement de décomposition qui lui a fait perdre du carbone.

Pour ce qui est des analyses de rosées ou d'eaux de givre, les analyses n'ont pas, à notre avis, été assez nombreuses pour faire l'objet d'une discussion spéciale.

Dans son rapport, le docteur Frankland avait attaché une importance considérable à l'influence de la direction du vent sur la composition des eaux de pluie : cette question nous paraît présenter de grandes difficultés, surtout maintenant que nous savons combien d'influences diverses peuvent agir simultanément : il faudrait, pour arriver à quelque chose de précis sur ce point, pouvoir comparer entre elles des analyses faites pendant la même saison sur des pluies d'égale importance : les exemples que nous possédons sont, à notre avis, insuffisants pour y parvenir. Les seuls faits un peu nets qui ressortent de la discussion faite à ce sujet par M. Frankland sont que les vents du sud-est enrichissent la pluie en ammoniaque,

tandis que ceux du nord-est apportent surtout du chlore, et ces deux observations n'ont pas lieu de nous surprendre, car les vents du sud-est ont passé sur Londres, et c'est précisément vers le nord-est que l'Océan est le plus proche de Rothamsted.

Les dernières recherches faites à Rothamsted, sur la composition de l'eau de pluie, sont relatives à la somme de chlorures que renferme la pluie tombée pendant une année entière : les observations ont commencé en juin 1877 et elles ont été poursuivies jusqu'à présent. On recueillait chaque jour, dans un vase spécial, une proportion connue de la pluie tombée, à raison de 4 litres et demi par pouce d'eau, puis, à la fin du mois, on mélangeait tous ces échantillons et on procédait à l'analyse.

Le chlore a été dosé par la méthode volumétrique dont s'est déjà servi M. Frankland; comme il n'existe jamais dans l'eau qu'en très faible proportion, les résultats qu'on obtient directement, sans concentration préalable, sont un peu incertains; pour éviter cette cause d'erreur nous avons opéré de la manière suivante : un litre d'eau de pluie, additionnée de 5 ou 10 centimètres cubes d'eau de chaux, était évaporé dans une capsule de verre jusqu'à un peu moins du quart du volume primitif; le liquide filtré était ramené à 250 centimètres cubes avec de l'eau distillée et on procédait alors au dosage : nous nous sommes aperçus récemment que cette méthode donne des résultats un peu faibles; maintenant nous partons de deux litres de liquide et nous précipitons directement, après concentration en présence de l'eau de chaux, par le nitrate d'argent. Huit analyses faites en même temps par les deux procédés nous ont donné 2,89 de chlore en pesant le chlorure d'argent et 2,73 seulement par la méthode du docteur Frankland.

En moyenne, nous avons trouvé, après 4 ans d'expériences, 1,75 de chlore pour un million de parties d'eau, ce qui correspond, par hectare et par an, à 15 kilogrammes de chlore ou 24^{k},770 de sel marin; les variations mensuelles peuvent être considérables; ainsi, pendant le mois de juin 1880, nous avons trouvé seulement 0,10 par mètre cube, et, pendant le mois de novembre 1879, 9,38 : c'est le plus fort nombre que nous ayons jamais observé.

Si l'on range les analyses de manière à montrer l'influence de la quantité d'eau tombée et celle de la saison, on arrive aux résultats qui suivent :

CHLORE CONTENU DANS UN MILLION DE PARTIES D'EAU DE PLUIE.

HAUTEUR D'EAU TOMBÉE.	ÉTÉ.	HIVER.	ANNÉE ENTIÈRE.
Moins de un pouce............	3.87	5.00	4.67
Entre un et deux pouces.......	1.81	3.09	2.51
Entre deux et trois pouces.....	1.46	2.75	2.17
Entre trois et quatre pouces.....	0.90	1.77	1.24
Entre quatre et cinq pouces....	0.86	1.83	1.05
Plus de cinq pouces...........	0.68	2.48	1.28

Ces nombres établissent deux faits : d'abord on voit la proportion de chlorure diminuer à mesure que la pluie devient plus abondante, ensuite on observe que la quantité de chlore est constamment plus forte en hiver qu'en été; nous avons déjà dit que, en moyenne, l'eau tombée dans l'espace d'un an contient 1,75 de chlore; si l'on fait le calcul pour l'été on arrive au chiffre 1,06 et, pour l'hiver, 2,70, c'est-à-dire plus du double. Cette différence, constante et relativement considérable, ne s'observait pas dans le travail du docteur Frankland parce que les exemples qu'il a choisis n'étaient pas convenables pour ce genre de comparaison. Quant à son origine, elle paraît tenir à ce que, pendant l'hiver, le vent est généralement plus violent, et qu'à cette même époque on brûle une quantité de charbon plus considérable qu'en été.

Il ne nous reste plus maintenant, pour terminer cette étude, qu'à examiner quelques-uns des résultats obtenus par d'autres expérimentateurs.

Nous trouvons dans le travail d'Angus Smith *l'Air et la Pluie, premières recherches de climatologie chimique*, 1872, des données extrêmement intéressantes sur les variations dues à l'impureté de l'atmosphère. Dans ce travail, l'auteur donne nombre d'analyses exécutées sur des eaux recueillies dans différentes localités du Royaume-Uni; nous en détachons les exemples suivants :

COMPOSITION MOYENNE DE L'EAU DE PLUIE PROVENANT DE DIVERSES LOCALITÉS D'ANGLETERRE ET D'ÉCOSSE (pour 1000000 de parties).

ORIGINE DES EAUX.	AZOTE AMMONIACAL.	AZOTE NITRIQUE.	CHLORE.	ACIDE SULFURIQUE.
Angleterre, intérieur des terres.	0.88	0.19	3.88	5.52
Angleterre dans les villes.......	4.25	0.22	8.46	34.27
Écosse, près de la côte........	0.61	0.11	12.24	5.64
Écosse, intérieur des terres.....	0.44	0.08	3.28	2.06
Écosse, dans les villes.........	3.15	0.30	5.70	16.50
Écosse, à Glasgow.............	7.49	0.63	8.72	70.19

La quantité d'ammoniaque et d'acide nitrique existant dans la pluie des campagnes est de l'ordre de celle que nous avons trouvée à Rothamsted; dans la pluie des villes elle est infiniment plus considérable, et on voit s'accroître en même temps le chlore et l'acide sulfurique; les chlorures sont surtout abondants dans le voisinage des côtes, et le docteur Smith a trouvé jusqu'à 47,35 de chlore par mètre cube d'eau de pluie à Valentia, sur la côte ouest de l'Irlande.

Il n'existe jusqu'ici que peu de travaux relatifs à la quantité de chlore qui peut, dans l'espace d'un an, être fourni au sol par la pluie; une longue série d'observations a été rapportée sur ce sujet à la Société royale d'agriculture de Cirencester. Ces recherches ont été commencées en 1870 par le professeur Church et ont été poursuivies par le professeur Prévost. Grâce à l'obligeance de ces messieurs, nous pouvons donner ici quelques-uns de leurs résultats. La pluie a été, d'octobre à mars, pour une moyenne de 10 ans, de 420^{mill},025; elle contenait, pour un million de parties : 5,11 de chlore.

Pendant la période d'été, d'avril à septembre inclusivement, il est tombé 419^{mill},25 d'eau contenant, en moyenne, 3,46 de chlore; pour l'année entière on trouve 839^{mill},275 d'eau et 4,28 de chlore par million, ce qui correspond à 60^{k},100 environ de sel marin par hectare et par an. Par conséquent, encore dans ce cas, la proportion de chlore se trouve être plus faible en été qu'en hiver; la différence est surtout considérable pour l'un des hivers compris dans la série d'expériences. Cirencester est environ à 35 milles du canal de Bristol, c'est ce qui explique pourquoi la proportion de chlorures s'y trouve plus élevée qu'à Rothamsted.

La quantité d'ammoniaque et d'acide nitrique fournis au sol par la pluie a été déterminée dans un certain nombre de stations différentes : nous rapportons dans le tableau suivant quelques-uns des résultats qui ont été obtenus.

QUANTITÉ D'AZOTE RESTITUÉE AU SOL SOUS FORME D'AMMONIAQUE ET D'ACIDE NITRIQUE PAR HECTARE ET PAR AN.

STATIONS.	HAUTEUR D'EAU TOMBÉE.	AZOTE AMMONIACAL sur 1 000 000 p.	AZOTE NITRIQUE sur 1 000 000 p.	AZOTE TOTAL PAR HECTARE.
	mm.			kil.
Kuschen, 1864-1865......	296.25	0.54	0.	2.08
» 1865-1866.....	442.50	0.44	0.	2.80
Insterburg, 1864-1865...	688.75	0.55	0.	6.15
» 1865-1866.....	594.75	0.76	0.	7.63
Dahme, 1865............	427.25	1.42	0.	7.46
Regenwalde, 1864-65....	587.00	2.03	0.80	16.90
» 1865-1866.....	482.75	1.88	0.48	11.63
» 1866-67.......	634.25	2.28	0.56	18.41
Ida-Marienhütte, 1865-70.	566.25	»	0»	11.14
Proskau, 1864-65........	445.25	3.21	1.73	23.42
Florence, 1870..........	913.75	1.17	0.44	14.96
» 1871..........	1062.00	0.81	0.22	11.08
» 1872..........	1270.50	0.82	0.26	14.01
Vallombrosa............	1995.75	0.42	0.15	11.63
Montsouris, 1877-78.....	590.50	1.91	0.24	12.92
» 1878-79.......	644.75	1.20	0.70	12.50
» 1879-80.......	392.50	1.36	1.60	11.78
Moyenne de 22 ans......	675.75	»	»	11.46

Il est à remarquer d'abord que plusieurs de ces analyses donnent des quantités relativement considérables d'acide azotique ; les résultats de Montsouris montrent que, d'une année à l'autre, on peut observer des variations énormes dans la proportion d'acide nitrique ; mais, en moyenne, il résulte de toutes ces observations, qui ont été faites quelquefois dans l'intérieur des villes où l'atmosphère est oujours impure, que la quantité d'azote restituée au sol par la pluie dans l'espace d'une année, se monte à environ 11^{k},500 par hectare, avee une hauteur d'eau de 675 millimètres. Nous avions trouvé, à Rothamsted, près de 10 kilogrammes, c'est-à-dire un nombre très voisin de ceux-ci.

Quant aux écarts énormes qui s'observent entre les différentes analyses données dans le tableau, elles nous paraissent bien dif-

ficiles à expliquer, même en supposant le voisinage d'une grande ville, puisque, à Montsouris, c'est-à-dire aux portes mêmes de Paris, on n'a pas trouvé que la quantité d'azote fût sensiblement supérieure à la moyenne générale.

Dans tous ses écrits, Liebig attachait une très grande importance à cet apport naturel d'azote, et, dans un ouvrage récent, les *Lois naturelles de l'agriculture*, publié en 1863, il l'estimait à environ 25 kilogrammes par hectare et par an; les recherches de M. Boussingault au Liebfrauenberg, de même que les nôtres à Rothamsted, montrent que la quantité d'azote abandonnée au sol par la pluie ne dépasse presque jamais le tiers du chiffre donné par Liebig, et il semble même, d'après les dernières analyses effectuées sur les eaux de Rothamsted, que cette estimation soit encore supérieure à la réalité.

DEUXIÈME PARTIE. — Recherches sur le drainage d'un sol non cultivé.

Nous nous sommes proposé d'abord, dans ce travail, de déterminer le rapport qui existe entre la quantité d'eau qui tombe pendant chaque saison et celle qui traverse en même temps une épaisseur connue de terre arable.

C'est là une question assez complexe; en effet il est évident que la quantité d'eau qui filtre à travers un sol déterminé varie, non seulement avec la hauteur de pluie tombée sur sa surface, mais encore avec l'état physique, la plus ou moins grande perméabilité de la terre, avec la nature de sa surface qui évapore constamment, surtout si elle est en culture.

Les premières expériences que nous avons à décrire ici sont relatives à un sol nu; on n'aura donc pas à tenir compte de l'influence de la végétation.

1. *Disposition des expériences.* Les appareils destinés à recueillir et mesurer l'eau de drainage étaient au nombre de trois; ils consistaient en une sorte de caisse remplie de terre, de forme rectangulaire et de mêmes dimensions que le collecteur de nos grands pluviomètres.

Dans chacune de ces caisses on a mis une épaisseur différente de terre; 50 centimètres dans l'une, un mètre et 1^{m},50 dans les deux autres.

Il est essentiel, pour pouvoir étendre les résultats obtenus de cette manière à ce qui se passe normalement dans une terre arable

ordinaire, de donner à ces sols factices une densité aussi proche que possible de celle que présente celle-ci; pour y réussir on commença par faire une tranchée en avant de la masse de terre qui devait servir aux expériences; puis, graduellement, on enleva, en dessous de chacune des trois parcelles, une quantité de terre déterminée de façon à ce que, au-dessus du vide ainsi pratiqué, il restât une épaisseur égale à celle que l'on voulait conserver; les terres étaient soutenues à l'aide de plaques en fonte perforées de $0^m,20$ de largeur; ces plaques elles-mêmes reposaient sur de fortes traverses en fer dont les extrémités étaient solidement maintenues dans un ouvrage en briques.

Ce premier travail terminé, on isola chacun des blocs de la terre environnante par une série de tranchées dans lesquelles on construisit, sur toute la surface latérale des trois masses de terre, de petits murs en briques de 12 centimètres d'épaisseur soigneusement cimentés. Les tranchées furent finalement remplies, de trois côtés seulement, avec la terre qu'on en avait extraite.

Les murs de briques dépassaient de trois pouces la surface du sol, et leur sommet était taillé de façon à rejeter au dehors des caisses l'eau qu'ils pouvaient recevoir.

A 50 centimètres au-dessous des plaques perforées on a établi un large entonnoir en zinc, de même surface que le sol supérieur; l'eau de drainage, recueillie par cet entonnoir, s'écoulait dans une série de vases disposés au-dessous. On fit d'abord usage de flacons de verre qu'on pesait au moment de l'observation; au mois de décembre 1873 on remplaça ces flacons par des cylindres en fer galvanisé, semblables en tout à ceux qu'on employait pour le grand pluviomètre. Des tubes de niveau permettaient de mesurer directement le volume de l'eau recueillie.

Tous ces appareils ont été installés à Barnfield, dans le voisinage immédiat du nouveau grand pluviomètre; le sol, à cet endroit, est ortement argileux; le sous-sol est une glaise mélangée de silex qui elle-même repose sur la craie; celle-ci, cependant, n'arrive jamais près de la surface. L'épaisseur de terre réellement cultivable est d'environ 20 centimètres; au-dessous on rencontre encore 25 centimètres d'argile tendre, puis le véritable sous-sol, dur et difficilement perméable; avant les expériences, cette terre était soumise à a culture ordinaire de Rothamsted.

Les expériences ont commencé en 1870; elles ont été exécutées régu-

lièrement jusqu'au mois de novembre 1874; à cette époque, dans la crainte qu'une fuite ne se fût déclarée dans le revêtement des caisses, on cimenta les murs à nouveau, et on augmenta leur épaisseur d'une demi-brique. Ce travail dut être repris au mois de février 1879 pour la caisse de 50 centimètres de profondeur, qui donnait alors une quantité d'eau beaucoup trop considérable.

On a dû, dans plusieurs cas, corriger les résultats entachés de ces causes d'erreurs à l'aide des observations faites sur les caisses voisines. Voici, en moyenne, et pour dix années d'expériences, les quantités d'eau qui ont été recueillies :

QUANTITÉS D'EAU DE DRAINAGE RECUEILLIES A TRAVERS LES SOLS DE 0m,50, 1 MÈTRE ET 1m,50 D'ÉPAISSEUR.

Terre de 0m50 d'épaisseur	351 millimètres.
— 1m —	372.9
— 1m50 —	331

Dans certains cas, par exemple en novembre 1870, février 1879 et janvier 1880, on a trouvé une quantité d'eau de drainage supérieure à la quantité d'eau tombée; ce fait tient à ce que souvent la pluie, et surtout la neige, n'apparaît comme eau de drainage qu'après un certain temps nécessaire à sa filtration; d'autre part il peut arriver que la terre condense par elle-même une certaine quantité de vapeur d'eau; c'est ce qui a lieu quand la température du sol est inférieure à celle du point de saturation de l'atmosphère. Par une nuit froide, il est aussi bien probable que la terre condense plus de givre que l'entonnoir des pluviomètres; mais ces différences ne peuvent jamais être bien considérables, et tout porte à croire que la condensation directe de la vapeur d'eau par la terre ne dépasse pas celle qui s'effectue normalement sur une nappe liquide de même étendue.

Avant de passer à la discussion de nos résultats, il importe de bien préciser ce qui arrive lorsque la pluie vient à tomber sur un sol arable.

Ce serait se tromper grossièrement que de considérer une terre comme une masse homogène, uniformément poreuse, et qui abandonne sous forme d'eau de drainage le liquide qu'elle est incapable de retenir par affinité capillaire; en réalité, le sol que nous cultivons est parsemé d'une multitude de petits canaux qui livrent à la pluie un passage bien plus facile que la filtration ordinaire : ces

canaux sont quelquefois des fentes qui, imparfaitement bouchées par du sable ou des pierres, persistent longtemps après que la sécheresse a cessé; le plus souvent, ce sont des traces de racines en décomposition, ou encore, et surtout, le résultat du travail des vers; nous en avons acquis la preuve pendant la construction de nos collecteurs d'eaux de drainage; nous avons vu, dans les tranchées, des racines d'orge pénétrer le sol jusqu'à une profondeur de 1m,50, et, souvent, nous avons trouvé, sur les entonnoirs en zinc qui recueillaient l'eau, des vers qui, évidemment, avaient traversé toute l'épaisseur de la caisse en partant de la surface.

Ainsi le passage de l'eau à travers une terre s'effectue de deux façons différentes : par drainage *direct*, en traversant les canaux qui sillonnent la masse entière du sol, ou par drainage *général*, en filtrant peu à peu à travers toute son épaisseur; dans ce cas l'eau a pu se saturer de tous les sels solubles contenus dans la terre; dans l'autre c'est à peine si elle a pu changer de composition, n'étant restée qu'un instant en contact avec la terre.

Or, les proportions relatives de ces eaux qui passent ainsi de deux manières différentes peuvent varier beaucoup avec la nature du sol qu'elles traversent : dans une terre légère, naturellement poreuse, l'imbibition est rapide, et c'est le drainage général qui domine; dans une terre forte, au contraire, l'eau commence par s'écouler à travers les canaux qu'elle rencontre, et le drainage direct précède nécessairement l'autre; c'est ce qui arrive notamment quand l'eau tombe avec assez de rapidité pour recouvrir toute la surface du sol; ce n'est que lorsque celui-ci a pu se saturer qu'il donne de l'eau par drainage général, et, si la pluie cesse, le rôle des canaux intérieurs s'efface devant la filtration proprement dite. Il en résulte que la composition des eaux de drainage peut, d'un moment à l'autre, varier beaucoup; c'est ce que nous avons souvent observé dans nos expériences, et nous pouvons même dire que c'est ce changement de composition qui nous a conduits à imaginer les deux modes de passage que nous venons de décrire.

Si une période de sécheresse succède à une période pluvieuse, la terre, saturée d'eau, commence à évaporer par sa surface; celle-ci se desséchant alors, l'eau du sous-sol remonte par capillarité et s'évapore à son tour.

La profondeur à laquelle le sous-sol peut être ainsi soumis aux influences extérieures varie encore avec la nature de la terre; elle

sera plus grande dans le cas d'une argile que pour un sable léger parce que les pores sont plus fins et par suite l'attraction capillaire plus puissante.

A Rothamsted le sol repose sur la craie qui détermine constamment un drainage naturel très actif, mais, dans nos expériences, la terre en a été séparée, en sorte qu'il devient impossible à celle-ci d'emprunter de l'eau au sous-sol pendant les périodes de sécheresse; il peut alors arriver que la caisse de 50 centimètres, moins profonde que les autres, se dessèche davantage que celles-ci, et qu'au moment d'une pluie elle exige, pour se saturer à nouveau, une plus grande quantité d'eau; le drainage sera alors moins actif que sur les autres carrés d'expérience. D'autre part il est évident que la filtration est plus rapide sur un sol de 50 centimètres que sur une épaisseur plus grande; il y a donc à considérer un grand nombre de causes de variations dans l'étude du drainage; malheusement nos expériences ne sont pas de nature à élucider complètement cette question; nos résultats se sont trouvés soumis à une oule de causes d'erreur, difficiles à prévenir, et, comme on va le voir, il n'est guère possible d'en tirer aucune conclusion précise.

Le tableau suivant donne la moyenne du drainage et de la pluie observés sur les trois caisses pendant les deux périodes 1871-74 et 1875-80.

	PLUIE TOMBÉE.	EAU DE DRAINAGE EN MILLIMÈTRES.			EAU DE DRAINAGE POUR 100 DE PLUIE.		
		TERRE de 0m,50.	TERRE de 1m.	TERRE de 1m,50.	TERRE de 0m,50.	TERRE de 1m.	TERRE de 1m,50.
	mm	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
Période 1871-74........	683.600	242.075	236.900	193.825	35.4	34.7	28.4
Période 1875-80........	854.725	423.600	463.600	422.475	49.6	54.2	49.4
Période entière 1871-80.	786.275	351.000	372.900	331.025	44.6	47.4	42.1

La première période de quatre ans a été beaucoup plus sèche que la seconde; aussi voit-on les nombres relatifs aux caisses de 0m,50 et 1m,50 différer beaucoup plus; de 1875 à 1880 il a beaucoup plu, et la proportion de l'eau qui a traversé la terre est la même partout, sauf pour la caisse de 1 mètre qui a donné un nombre beaucoup trop fort; il est probable que les murs qui l'entourent présentent

quelque défaut, quelque fissure à travers laquelle l'eau extérieure pénètre et vient se mélanger avec celle qu'on se proposait de recueillir seule.

En résumé on voit qu'il ne passe dans les eaux de drainage que le tiers ou la moitié de la pluie, suivant les années ; le reste s'évapore ; et les nombres relatifs à la période de sécheresse 1871-74 montrent clairement que l'évaporation a été plus forte sur la caisse de 1^m,50 que sur toutes les autres ; par conséquent le sol, à cette profondeur, peut encore fournir à la surface une réserve d'humidité considérable. Cette différence disparaît pendant les saisons humides, et même il semble que pour les années sèches elle aille peu à peu en s'atténuant ; ainsi, du mois de septembre 1879 au mois d'août 1880, la sécheresse a été excessive, il n'est tombé que 533^{mm},95 d'eau, et pendant le même temps les trois caisses ont donné respectivement 172 ,25 ; 184^{mm},825 et 162^{mm},375 ; la différence entre les deux sols de 0^m,50 et 1^m,50 n'est plus que de 10 millimètres, chiffre beaucoup plus faible que ceux qu'on avait observés de 1871 à 1874.

Influence de la lumière électrique sur le développement des végétaux.

PAR LE DOCTEUR SIEMENS [1].

Le 1er mars 1880, j'ai communiqué à la Société royale un Mémoire sur l'influence de la lumière électrique sur les végétaux [2], dans lequel j'arrivais à cette conclusion que la lumière électrique était capable de produire sur les plantes des effets comparables à ceux du soleil, qu'elle déterminait l'apparition de la chlorophylle et qu'en l'employant, on pouvait produire des fleurs et des fruits remarquables par leur couleur et leur saveur. Mes expériences prouvaient en outre que les plantes n'ont nul besoin de repos noc-

1. D'après le résumé du mémoire présenté à l'Association britannique et inséré dans le n° du 12 septembre 1881 de « the Agricultural Gazette. »

2. Un extrait a paru dans le tome VI, p. 434, des *Annales agronomiques*.

Une nouvelle série d'expériences sur l'influence qu'exerce la lumière électrique sur les végétaux est commencée au Palais de l'Industrie à l'Exposition d'électricité. — Nous publierons les résultats obtenus dans le fascicule de décembre des *Annales agronomiques*, mais nous pouvons annoncer déjà que nous avons réalisé à l'aide de la lumière électrique la décomposition de l'acide carbonique par des plantes aquatiques, nous avons recueilli l'oxygène assez pur pour rallumer les allumettes. Le fait de la décomposition de l'acide carbonique par des lumières artificielles que nous avons observé déjà, M. Maquenne et moi, à l'aide de la lampe Bourbouze et de la lumière Drummond, se produit infiniment plus facilement avec la lumière électrique.

P. P. D.

turne, mais qu'elles font de rapides progrès, si, même en hiver, elles sont soumises à la lumière solaire pendant le jour, et à la lumière électrique durant la nuit.

Pendant la durée du dernier hiver, j'ai repris ces expériences sur une plus large échelle, et j'ai l'intention d'en donner un court résumé, et d'indiquer en même temps quelques applications des forces électriques aux opérations de la ferme (comprenant l'élévation de l'eau, le sciage du bois, le coupage de la paille et des racines) à des distances variables n'excédant pas 500 mètres de la machine; l'emploi des machines magnéto-électriques pendant le jour diminue ainsi indirectement le prix de la lumière qu'elles fournissent pendant la nuit.

Pour produire la lumière j'ai employé une machine à vapeur de six chevaux qui anime deux machines dynamiques Siemens liées séparément à deux lampes électriques capables l'une et l'autre de fournir une lumière égale à 4000 bougies. Une de ces lampes fut placée dans une serre de 2318 pieds cubes de capacité, et l'autre fut suspendue à une hauteur de 4 à 4,5 mètres au-dessus d'une autre serre.

Les expériences commencèrent le 20 octobre 1880 et furent continuées jusqu'au 7 mai 1881. Les lampes étaient allumées à 6 heures et à 5 heures pendant les jours les plus courts et n'étaient éteintes qu'à l'aube.

La lumière placée au-dessus de la serre était protégée par une lanterne à verres transparents, tandis que celle qui était à l'entrée de la serre était munie d'un réflecteur et envoyait directement ses rayons sur du blé, de l'orge, de l'avoine, des pois, des haricots, des choux-fleurs, des fraisiers, des framboisiers, des pêchers, des tomates, des vignes, et différentes plantes à fleurs, notamment des rhododendrons, des azalées et des rosiers. La température fut maintenue, autant que possible, à 15°. — Les premiers effets observés furent loin d'être toujours satisfaisants. Sous l'influence de la lumière suspendue au-dessus de la serre, les effets avantageux observés l'an dernier se montrèrent de nouveau, mais les plantes exposées dans la serre à l'action de la lumière électrique nue présentèrent bientôt le plus triste aspect. Il ne semble pas cependant qu'on puisse attribuer ces effets fâcheux aux produits chimiques résultant de la combinaison de l'oxygène et de l'azote ou de l'oxygène et du carbone; il est même probable que cette production d'acide carbonique

pur provenant de la combustion du charbon est plutôt avantageuse que nuisible, puisqu'elle rend inutile l'arrivée d'air extérieur et qu'elle diminue ainsi les dépenses du chauffage.

Après différents essais qui ne conduisirent pas à des résultats bien avantageux, l'auteur se décida à placer une lanterne de verre transparent autour de la lumière. L'influence de cet écran fut des plus marquées; en faisant tomber sur une plante des rayons directs et d'autres filtrant au travers du verre, on reconnut dans l'espace d'une nuit l'effet très différent qu'ils produisirent sur les feuilles: tandis que les portions des feuilles de tomates éclairées par les rayons qui avaient traversé le verre conservaient leur apparence de santé, les portions frappées par les rayons directs étaient manifestement ridées. Non seulement les feuilles, mais aussi les jeunes pousses des plantes furent altérées par les rayons directs, et ces effets fâcheux furent encore sensibles, bien qu'à un moindre degré, à une distance de 6 mètres de la source.

Le professeur Stokes a trouvé en 1853 que l'arc électrique est particulièrement riche en radiations invisibles très réfrangibles, et que celles-ci sont très fortement absorbées par leur passage au travers du verre transparent; il est dès lors naturel de penser que ce sont ces rayons très réfrangibles qui détruisent les cellules, tandis qu'au contraire les rayons lumineux de moindre réfrangibilité exercent sur elles une action plus favorable.

Désirant approfondir cette question davantage, l'auteur dirigea les rayons de sa lampe électrique sur plusieurs groupes de plantes, après avoir modifié la lumière en la faisant passer au travers de verres diversement colorés. La première section fut soumise à l'action de la lumière nue, la seconde recevait la lumière après son passage au travers d'un verre transparent, la troisième, la quatrième et la cinquième après le passage au travers de verres respectivement jaunes, rouges et bleus. Les progrès des plantes furent notés jour par jour, et les différences d'effet sur le développement des plantes furent suffisamment marquées pour justifier les conclusions suivantes: sous le verre blanc on constata de rapides progrès et une croissance vigoureuse; le verre jaune vint au second rang, mais les plantes, quoique égales aux précédentes au commencement des expériences, furent nettement inférieures en couleur et en rapidité de croissance à celles du verre transparent; le verre rouge donna une croissance médiocre, et les feuilles prirent une

teinte jaunâtre; sous le verre bleu enfin, les plantes furent encore moins vigoureuses; quant à celles qui recevaient directement les rayons de l'arc électrique, elles étaient frisées, noircies, rabougries, en très mauvais état.

Il est à remarquer que la lumière électrique resta allumée de 5 heures du soir à 6 heures du matin toutes les nuits, excepté le dimanche, pendant les expériences qui durèrent tout le mois de janvier 1881, mais que pendant le jour les plantes furent exposées à la lumière du jour. Ces résultats confirment donc ceux qui furent obtenus dès 1863 par le Dr J. W. Draper sur l'influence qu'exercent les rayons diversement colorés sur les végétaux.

Ces premiers essais ayant démontré la nécessité d'entourer l'arc électrique par une lanterne de verre blanc, des effets plus avantageux furent rapidement obtenus. Ainsi des pois qui avaient été semés à la fin d'octobre donnèrent sous l'influence de la lumière continue une récolte de fruits mûrs le 16 février. Des framboisiers mis dans la serre le 16 décembre produisirent des fruits mûrs le 1er mars, et des fraisiers, introduits en même temps, donnèrent des fruits d'une couleur et d'une saveur excellentes le 14 février. Des vignes qui avaient été placées le 26 décembre amenèrent leurs raisins à complète maturité et d'une meilleure qualité qu'à l'ordinaire le 10 mars. Le blé, l'orge et l'avoine se développèrent avec une rapidité extraordinaire sous l'influence de la lumière continue, mais ne purent pas arriver à maturité, leur croissance ayant été trop rapide pour leur force, et les tiges versèrent après avoir atteint la hauteur de 30 centimètres. Des semences de blé, d'orge et d'avoine semées en plein air et élevées sous l'influence de la lumière électrique extérieure donnèrent cependant des résultats plus satisfaisants. Le semis ayant eu lieu le 6 janvier, la germination fut retardée par la pluie et la neige, mais les jeunes plantes se développèrent rapidement quand le temps devint meilleur, et elles donnèrent des grains mûrs à la fin de juin, leur végétation ayant été soutenue par la lumière électrique jusqu'au commencement de mai. Des doutes ont été émis par des botanistes sur la possibilité d'obtenir d'une plante soumise à l'action de la lumière continue des semences fécondes; on planta, le 18 février, des pois recueillis le 16 sur des pieds constamment soumis à la lumière électrique; ils donnèrent des plantes dont la végétation ne laissa rien à désirer.

Une démonstration plus complète sera fournie par M. le Dr Gilbert

F. R. S., qui a entrepris des expériences sur le blé, l'orge et l'avoine développés dans les conditions précédentes, mais il est probable que ses recherches ne seront pas encore suffisantes pour lever tous les doutes qui s'élèvent sur cette question. Je tiens grand compte de l'opinion de M. Darwin qui professe que beaucoup de végétaux si ce n'est tous, exigent un repos diurne pour atteindre leur développement normal. Aussi n'est-ce pas sans crainte, et en me gardant bien de généraliser, que j'ai annoncé qu'il résulte de l'ensemble de nos expériences pendant les deux derniers hivers, que, bien que l'obscurité périodique favorise l'allongement de la plante, la lumière continue les stimule et les pousse plus rapidement jusqu'à leur fin dernière, qui est la production du fruit et de la graine. Ceux-ci sont supérieurs comme saveur à ceux qu'on obtient avec les alternances habituelles de lumière et d'obscurité, et les graines se sont toujours montrées capables de germer. Quoi qu'il en soit, de nouvelles expériences sont nécessaires, je le reconnais, pour savoir si le repos nocturne et surtout le repos hivernal sont nécessaires aux plantes désignées sous le nom d'annuelles.

L'influence avantageuse de la lumière électrique est devenue très manifeste sur un bananier qui à deux périodes de son existence, c'est-à-dire au commencement de son développement, et au moment de la fructification, c'est-à-dire en février et en mars de 1880 et de 1881, fut soumis à son action, à une distance n'excédant pas $1^m,80$ de la plante. Le régime obtenu pesait 34 kilos, chaque banane ayant des dimensions considérables, et présentant, d'après des juges compétents, une saveur délicate. Des melons, remarquables par leur dimension et leur arôme ont été produits sous l'influence de la lumière continue au premier printemps de 1880 et de 1881, et je suis persuadé que des résultats encore meilleurs pourront être obtenus quand on aura déterminé les conditions de température et de proximité de la lumière les plus favorables. Je me suis efforcé, au reste, bien plutôt de démontrer l'influence avantageuse de la lumière électrique que d'obtenir une grande masse de produits; et je suis disposé à croire que le temps n'est pas éloigné où la lumière sera considérée comme un auxiliaire puissant, rendant l'horticulteur complètement indépendant des climats et des saisons, et lui donnant le pouvoir de produire des variétés nouvelles.

Avant que l'électro-horticulture puisse être considérée comme

entrée dans la pratique actuelle, il convient cependant de se préoccuper des dépenses qu'elle occasionne, et mes recherches de cet hiver ont été en grande partie dirigées vers la détermination de son prix de revient. Quand on peut employer une chute d'eau, la lumière électrique revient à un prix très bas ; en y comprenant la dépense des électrodes de charbon, l'achat et l'intérêt des appareils est d'environ 30 centimes par heure pour une lumière de 4000 bougies. Quant aux travaux manuels à exécuter, ils ne consistent qu'à remplacer les conducteurs toutes les six ou huit heures, et le chauffeur des serres peut parfaitement être chargé de ce service. Je n'avais à ma disposition aucune force naturelle, et j'ai employé une machine à vapeur de 6 chevaux pour pourvoir à la dépense de deux lumières de 4000 bougies chacune, la machine consommant 25 kilos de houille par heure (la machine étant du type à haute pression). En comptant la houille à 12 fr. 50 la tonne, nous arrivons à un prix de 0 fr. 40 ou 0 fr. 20 par lumière de 4000 bougies. De cette dépense il convient de déduire l'économie résultant de l'extinction des poêles qui servaient à chauffer la serre ; on peut évaluer aux deux tiers de la consommation de la machine le charbon employé au chauffage des serres, de telle sorte que tout calcul fait, la dépense totale, chauffage et éclairage, serait de 35 centimes par heure.

Ce calcul a été établi dans l'hypothèse que la machine fonctionnerait pendant douze heures par jour; mais dans la journée, on n'a plus besoin de lumière, et comme il faut cependant entretenir les feux pour alimenter les tubes à vapeur des serres, la dépense reste la même que pendant la nuit.

Dans le but d'utiliser la force disponible, j'ai résolu de mettre en mouvement pendant le jour la machine magnéto-électrique et de transmettre la force ainsi produite à l'aide de fils sur différents points de la ferme, où il y avait à couper de la paille, des racines, du bois, et à pomper de l'eau. Ces travaux sont accomplis à l'aide de petites machines magnéto-électriques, placées aux points où la force est utilisée; elles sont liées par des fils à la machine centrale mise en mouvement par la vapeur.

L'élévation de l'eau exigeait une machine à vapeur de trois chevaux, elle animait deux pompes de 8 centimètres de diamètre faisant 36 doubles mouvements par minute. Les mêmes pompes sont encore employées; elles sont maintenant mises en mouvement par une machine magnéto-électrique pesant 200 kilos. Quand les

citernes de la maison, les jardins et la ferme ont besoin d'eau, les pompes sont mises en mouvement en établissant la communication au poste de la machine à vapeur; et toutes les autres opérations mécaniques de la ferme sont accomplies par un seul moteur; on peut estimer que 60 pour 100 de la force produite à la station centrale sont disponibles à la distance où elle est employée.

En finissant, je suis heureux de dire que l'emploi de la lumière électrique et la transmission de force pour les diverses opérations précédemment décrites sont entièrement conduites par mon jardinier en chef, M. Buchanan, aidé par une escouade de jardiniers et d'ouvriers agricoles qui, avant ces expériences, n'avaient pas la première idée de ce que pouvait être une machine électrique.

La transmission de la force par l'électricité peut être utilisée pour faucher, moissonner et labourer. Ces travaux sont actuellement exécutés à l'aide de locomobiles, appareils qui ont reçu de nombreux perfectionnements. Mais les machines électro-magnétiques ont sur eux un grand avantage : la légèreté, leur poids par cheval étant seulement de 100 kilos, tandis qu'on ne saurait évaluer à moins de 750 kilos le cheval de force d'une locomobile avec l'eau nécessaire. En outre, la locomobile exige un renouvellement constant d'eau et de charbon, et par suite des transports pénibles, tandis que la machine électrique reçoit sa force d'une machine centrale par un simple fil. L'emploi de machines secondaires peut aussi être recommandé pour emmagasiner de la force quand celle-ci ne trouve pas son emploi. Ainsi en effectuant tous les travaux d'une ferme à l'aide d'un poste central, on réalise une grande économie de force. Une machine à vapeur utilisée ainsi par les travaux dans le jour produira la nuit de la lumière pour l'électro-horticulture sans grand supplément de dépenses; on aura en outre un éclairage général très complet dans l'intérieur et admirable dans les jardins.

Recherches sur la respiration des végétaux.

PAR M. J. BORODIN[1].

Dans un mémoire publié en 1876 en langue russe, et dont les *Annales agronomiques* ont donné un résumé[2], l'auteur démontre

1. *Untersuchungen über die Pflanzenathmung*. Mémoires de l'Académie imp. des sciences de Saint-Pétersbourg. 7e série, t. XXVIII, n° 4, 1881.

2. *Ann. agron.*, t. IV, p. 607.

qu'un rameau coupé, cultivé à l'obscurité, dégage de moins en moins d'acide carbonique, les conditions extérieures restant les mêmes, et il explique cette diminution de l'activité respiratoire par l'épuisement des matériaux mêmes de la respiration, c'est-à-dire, des hydrates de carbone.

On peut augmenter notablement l'énergie de la respiration en exposant ensuite ce rameau aux rayons solaires dans de l'air chargé d'acide carbonique.

Tout en acceptant les faits observés par M. Borodin, M. Rischawi en conteste vivement l'interprétation, et c'est cette divergence d'opinions qui a décidé l'auteur à exécuter de nouvelles expériences afin d'établir son opinion sur des bases plus solides.

Avant d'exposer ces nouveaux résultats, l'auteur reproduit quelques expériences de son premier travail.

Les rameaux, placés par leur section dans une petite quantité d'eau, respiraient dans une enceinte close dans laquelle circulait, sous pression constante, de l'air privé d'acide carbonique.

Deux expériences parallèles se faisaient en même temps : dans la première, le rameau subissait, au bout de quelque temps, une journée, par exemple, une nouvelle insolation dans de l'air additionné d'acide carbonique, tandis que le second restait à l'obscurité.

Voici, à titre d'exemple, les résultats de la première de ces expériences :

Rameaux du *Cratægus Oxyacantha*. Température de 30 à 29 degrés : le dosage de l'acide carbonique ne commence que trois heures après la mise en expérience.

	ACIDE CARBONIQUE DÉGAGÉ. Rameau n° 1.		Rameau n° 2.	
	Quantité absolue	par heure.	Quantité absolue	par heure.
	gr.	gr.	gr.	gr.
De 1 h. 1/2 soir à 7 h. soir. 21 juin...	0.0196	0.0035	0.0229	0.0041
« 7 — 11 1/2 »....	0.0113	0.0025	0.0112	0.0025
« 11 1/2 — 10 mat. 22 »....	0.0187	0.0018	0.0189	0.0018

Ces dosages ayant été exécutés, le rameau n° 1 est exposé jusqu'à six heures au soleil, sous une couche d'eau et dans de l'air auquel on a ajouté à quatre reprises 30cc d'acide carbonique, puis on étudie de nouveau la respiration.

Le rameau n° 2, au contraire, reste à l'obscurité.

Rameau n° 1.		Quantité absolue	par heure.
De 8 h. soir à minuit.	22 juin..	0.0122	0.0030
« 12 à 9 h. mat...	23 »..	0.0189	0.0021
« 9 h. mat. à minuit.	» »..	0.0175	0.0012
« minuit à 8 h. mat...	24 »..	0.0074	0.0009

On voit que l'énergie respiratoire, qui était tombée à 0 0018, remonte, à la suite de l'insolation à 0 0030, pour retomber de nouveau très rapidement.

Quant au rameau n° 2, nous allons voir son activité respiratoire diminuer continuellement :

Transporté de nouveau à l'obscurité à cinq heures du soir, il donna les quantités d'acide carbonique suivantes :

Rameau n° 2.		Quantité absolue	par heure.
De 10 h. mat. à 3 h. soir...	22 juin..	0.0070	0.0014
« 3 h. soir à 11 h. soir...	» »..	0.0097	0.0012
« 11 h. soir à 9 h. mat...	23 »..	0.0096	0.0010

Ce rameau à son tour fut exposé pendant huit heures à la lumière solaire et reçut, à trois reprises différentes, 25^{cc} d'acide carbonique.

Rameau n° 2 après l'insolation.		Quantité absolue	par heure.
De 7 h. soir à minuit.	23 juin..	0.0114	0.0023
« minuit à 8 h. mat...	24 »..	0.0134	0.0017

Dans une de ces expériences, le rameau n° 1 était isolé dans la lumière rouge, tandis que le n° 2 ne reçut que des rayons bleus.

Dans l'un et l'autre la respiration était tombée à 0 0009 grammes par heure; à la suite de l'insolation rouge elle est remontée à 0,0018 et de l'insolation bleue à 0,0012.

De ces faits, l'auteur avait tiré les conclusions suivantes : L'intensité de la respiration baisse à l'obscurité, mais elle se relève momentanément à la suite d'une insolation dans de l'air riche en acide carbonique, et cet effet se produit surtout sous l'influence des rayons peu réfrangibles. L'augmentation de l'énergie respiratoire est donc due à l'assimilation. C'est cette conclusion que M. Richawi attaque en cherchant à l'expliquer d'une manière toute différente.

A l'obscurité, en effet, les rameaux se trouvent dans de l'air très pauvre en acide carbonique, tandis que pendant l'insolation ils séjournent dans de l'air au contraire très chargé de ce gaz; indé-

pendamment de tout travail d'assimilation, les tissus gorgés d'eau doivent donc en dissoudre une certaine quantité et l'exhaler de nouveau dans l'air pur; c'est cette émission purement physique de l'acide carbonique dissous, qui causerait en apparence une augmentation de l'énergie respiratoire. Si cela est vrai, l'insolation par elle-même est inutile, l'expérience devant réussir aussi bien après un séjour prolongé dans l'air additionné d'acide carbonique et à l'obscurité. C'est ce que soutient du reste M. Richawi. Il dispose deux expériences parallèles, dans l'une les plantes sont exposées à l'insolation comme l'a fait M. Borodin, dans l'autre elles sont maintenues dans une atmosphère chargée d'acide carbonique, et il obtient des résultats semblables.

Après ce court exposé de l'objet de la discussion, passons aux nouvelles recherches de M. Borodin.

Cet auteur utilise concurremment deux méthodes différentes; dans la première, l'acide carbonique fut pesé; dans la seconde, on employa l'appareil volumétrique de MM. Wolkoff et Mayer, qui consiste essentiellement en un tube en U renversé, contenant, dans une de ses branches fermées, la plante et de la soude caustique; dans l'autre, une colonne de mercure qui permet d'évaluer la diminution du volume.

Dans une première série, l'auteur évite de plonger le rameau dans de l'air additionné d'une forte proportion d'acide carbonique : l'insolation a lieu au contraire dans l'air ordinaire.

Voici, en abrégé, les résultats d'une de ces expériences : Le tube n° 1 reçoit un rameau de *Pinus sylvestris* couvert de jeunes pousses, le tube n° 2 un rameau de la même plante garni de vieilles feuilles.

Au commencement de l'expérience, le premier rameau dégageait 0gr,0088 d'acide carbonique par heure et, en quatre jours, cette quantité s'abaissa peu à peu jusqu'à 0,0031 par heure; le rameau n° 2 se comporta très différemment. La quantité d'acide carbonique dégagé, d'abord égale à 0gr,0045 par heure, se maintint à peu près au même taux pendant les deux premiers jours pour descendre enfin à 0gr,0039.

Cette différence entre les organes en voie d'accroissement et ceux qui ont acquis tout leur développement est curieuse; l'auteur l'avait déjà signalée dans son mémoire russe et il promet de la discuter d'une manière plus approfondie dans une autre occasion.

Après ces essais, les tubes ont été exposés pendant quinze

heures et demie aux rayons solaires, et on y insuffla plusieurs fois de l'air chargé d'acide carbonique. A minuit, les rameaux retirés de leurs récipients ont été abandonnés à eux-mêmes, à l'air libre, et reçurent la lumière solaire toute la journée suivante; dans ces conditions, l'acide carbonique ne pouvait certainement pas s'accumuler physiquement dans les tissus.

Ainsi traité, le rameau n° 1 dégagea 0gr,0035 d'acide carbonique par heure, le rameau n° 2, 0gr,0082. C'est à peine si l'insolation a produit un effet sensible sur la respiration du rameau garni d'aiguilles très jeunes; en effet, ces organes n'étaient pas encore capables de décomposer l'acide carbonique de l'air. Pour le rameau n° 2, on voit que l'énergie respiratoire a été plus que doublée.

Après une nouvelle insolation de douze heures, on obtint un résultat très inattendu; les quantités d'acide carbonique, dégagées par le rameau n° 2, montrent qu'elle a été sans effet; au lieu des 0gr,0082 de l'essai précédent on n'en trouva d'abord que 0gr,0077, puis, après une série de chiffres intermédiaires, 0gr,0030.

D'autres expériences prouvent au contraire que l'insolation ravive non seulement le dégagement d'acide carbonique, mais aussi l'absorption d'oxygène.

Il s'agissait ensuite de voir si un séjour dans de l'air chargé d'acide carbonique à l'obscurité produit le même effet que l'insolation, ainsi que le prétend M. Richawi.

Les cinq expériences faites dans ce sens sur des plantes très différentes, comme l'aubépine et le mélèze, ont donné des résultats très concordants, du moins dans de l'air ne contenant pas au delà de 7 p. 100 d'acide carbonique; l'intensité de la respiration n'est nullement augmentée après un séjour plus ou moins prolongé dans ce gaz. Il paraît au contraire évident que l'acide carbonique ne produit pas cet effet par lui-même, mais seulement quand il se décompose sous l'influence des rayons lumineux. Néanmoins les végétaux, et l'auteur l'a lui-même prouvé sur des haricots en germination, absorbent une forte proportion d'acide carbonique lorsqu'ils se trouvent en contact avec ce gaz, mais ils le dégagent très rapidement, en une demi-heure, par exemple, dans une atmosphère différente. De nouvelles expériences sur des rameaux d'aubépine et des feuilles d'iris viennent à l'appui de cette manière de voir. Surtout avec cette dernière plante on voit, après un séjour prolongé dans de l'air chargé d'acide carbonique et à l'obscurité, une

exagération énorme de l'émission de ce gaz, mais qui s'arrête assez vite pour qu'elle ne soit plus à craindre quand on a soin de faire circuler de l'air pur dans l'appareil une ou deux heures avant de commencer l'expérience.

D'après tout ceci, il est probable que M. Richawi s'est servi de mélanges très riches en acide carbonique et qu'il a fait ses expériences dans les premières heures après le séjour dans ce gaz.

Quelques expériences étrangères au sujet principal de ce travail, ajoutées en manière d'appendice, montrent que la substance végétale absorbe énergiquement l'acide carbonique; les graines de haricots gonflées d'eau n'en absorbent pas plus, par unité de volume, que les graines sèches. Les graines sèches absorbent à peine de petites quantités d'hydrogène.

De l'importance de la silice dans la végétation de l'avoine,

PAR M. F. WOLFF[1].

L'avoine soumise à l'expérience fut élevée dans de l'eau tenant en dissolution les sels constituant les cendres de la plante; l'azote fut fourni à l'état de nitrates. Deux dissolutions renfermaient, en outre, l'une 27, l'autre 42 parties de silice pour 100 des matières minérales, une troisième dissolution ne renfermait pas de silice. Les liqueurs employées étaient d'une concentration de 1/8, 1/4 et 1/2 pour 1000. Les vases avaient une capacité de 1600^{cc} et étaient fermés par un couvercle en zinc percé de 7 trous pouvant recevoir 6 pieds d'avoine et une petite tige de bois servant de tuteur.

Les expériences commencèrent le 5 mai, époque à laquelle les jeunes plantes furent placées dans les dissolutions; ces dernières furent renouvelées le 2, le 19 juin, le 5 et le 20 juillet. La moisson eut lieu vers la fin d'août.

Les chiffres donnés plus bas se rapportent à la matière séchée à l'air, contenant encore 10-12 p. 100 d'humidité. Les tiges ont été coupées à 1 centimètre au-dessus de la naissance des racines.

Le rapport des grains à la paille était en moyenne de 1 : 5,05 dans les dissolutions sans silice; de 1 : 3,22 dans les dissolutions contenant 27 p. 100 de silice, et de 1 : 2,67 dans les dissolution contenant 42 p. 100.

1. Landw. Vers-Stationen XXVI. Pas. 6, 415.

CONCENTRATION des DISSOLUTIONS.	SANS silice.	27 °/° de SILICE.	42 °/° do SILICE.	SANS silice.	27 °/° de SILICE.	42 °/° de SILICE.
pour 1000.	NOMBRE DES GRAINS.			POIDS DES GRAINS en grammes.		
1/8	44	54	59	0.488	1.615	1.961
1/4	94	134	185	3.053	4.275	5.549
1/2	138	158	231	4.162	5.408	7.693
Moy. 1/4	79	115	158	2.568	3.766	5.068
	POIDS DE LA PAILLE ET DES BALLES en grammes			RÉCOLTES TOTALES en grammes.		
1/8	9.063	7.615	0.466	9.551	9.230	10.427
1/4	11.548	10.454	11.932	14.601	14.729	17.481
1/2	17.318	18.500	20.198	21.480	23.908	27.891
Moy. 1/4	12 643	12.193	13.532	15.211	15.959	18 600

D'autres expériences faites dans des conditions différentes, mais avec les mêmes liqueurs, ont donné les rapports suivant : 1 : 12,67; 1 : 3,93 ; 1 : 1,66.

Ainsi, dans toutes les expériences, la présence de la sllice favorise la production d'un plus grand nombre de grains ; en outre, la matière sèche totale (paille et grain) paraît augmenter sous l'influence de cet élément.

Le mécanisme de l'éclosion des fleurs des graminées,

PAR M. ASKENASY [1].

Le blé fleurit toujours entre quatre heures et demie et six heures et demie du matin ; la plupart des fleurs s'ouvrent vers cinq heures ou cinq heures et demie. D'après M. Godron, la température *minima* nécessaire à la floraison est de 16° centigrades. Les deux

1. *Verhandl. der bot, Section der* 52. *Versamml, deutscher Naturforscher zu Baden Baden* 1879. *Bot. Zeitung.*, 1880, *col.* 142.

glumelles s'écartent en formant un angle d'environ 45°. C'est naturellement la glumelle inférieure qui exécute la plus grande partie du mouvement : elle commence à se rabattre lentement, puis rapidement ; enfin, au bout de quelque temps, son mouvement se ralentit et finit par s'arrêter. En ce moment, les trois anthères sont soulevées et les deux branches du stigmate divergent ; en même temps, les anthères s'ouvrent, et le pollen s'échappe ; il est donc fort possible qu'une petite quantité de pollen tombe sur le stigmate de la même fleur. Après la sortie des anthères, les glumelles se referment insensiblement.

Le seigle fleurit à 14°. Dans cette céréale comme dans le blé, les premières fleurs ouvertes se trouvent vers les deux tiers de la hauteur de l'épi; dans chacun des épillets, l'éclosion des fleurs progresse de haut en bas. L'élongation, pour ainsi dire subite, des filets des étamines, est due surtout à l'ouverture des glumelles; tant que celles-ci restent fermées, les filets sont entravés dans leur accroissement, en d'autres termes, les attractions endosmotiques des matières solubles contenues dans les cellules des filets ne peuvent s'exercer que lorsque les glumelles cessent d'enfermer étroitement les organes floraux intérieurs. Lorsqu'on détache une étamine entière prise dans une fleur encore fermée, on voit le filet s'accroître avec une rapidité extraordinaire. Dans un cas, à la température de 24° centigrades, l'auteur l'a vu s'allonger, en huit minutes, de 3 millimètres à 12,5 millim. Le même phénomène a été observé dans le blé et l'orge. Le filet s'allonge moins vite dans la houlque : l'élongation n'est pas accompagnée de divisions transversales dans les cellules du filet. Il est assez curieux que le filet absorbe l'eau nécessaire à son accroissement subit par l'intermédiaire de l'anthère; lorsqu'on enlève la moitié de celle-ci, l'élongation se fait bien plus lentement.

Des qualités digestives du latex du Carica Papaya,

PAR M. WITTMACK[1].

Le musée agronomique de Berlin reçut dernièrement de Buitenzorg et de La Ceiba (Colombie) des échantillons concrétionnés de ce latex, dont les propriétés digestives, analogues à celles de la pepsine, ont été antérieurement décrites.

1. *Verhandl. der bot. Section der* 52. *Versamml. deutscher Naturforscher zu Baden-Baden* 1879. — *Bot. Zeitung.*, 1880, *col.* 143.

M. J. Balcke, chimiste à cet établissement, en fit l'analyse immédiate, et trouva de 10 à 14 pour cent d'eau, un peu de caoutchouc, un corps brun, soluble dans l'alcool à 95° pour cent, d'une saveur amère, un peu salée, d'une odeur faiblement aromatique, un peu de cellulose, quelques grains d'amidon, un peu d'albumine et environ 50 pour cent d'une matière azotée, soluble dans l'eau, précipitable par l'alcool, à laquelle il faut attribuer toutes les qualités digestives du latex frais ; il désagrège la viande, caille le lait, etc. Son action sur le blanc d'œuf liquide est très remarquable et mérite quelque attention. Mêlé au suc de *Carica* et chauffé progressivement jusqu'à 100°, il ne se coagule jamais. Vers 60°, il devient opaque, à 65° un peu gélatineux, mais à 70° il reprend toute sa fluidité et forme même, vers 80°, un liquide laiteux qui ne change plus jusqu'à 100°. Évaporée et séchée, cette masse laiteuse offre toutes les propriétés des peptones.

M. Clemens (de La Ceiba) écrit qu'il emploie avec beaucoup de succès le suc séché contre les maladies de l'estomac. On dit qu'on l'emploie à Honolulu contre l'asthme ; il est même possible qu'il puisse dissoudre les fausses membranes de la diphtérie.

Les anciens savaient déjà que le latex du figuier (*Ficus carica*) caille le lait, de même que celui du *F. macrophylla* Roxb. Il y a plus, le suc laiteux du figuier agit sur le blanc d'œuf exactement de la même façon que celui du *Carica Papaya*, c'est-à-dire qu'il le transforme en peptone.

Tous ces faits semblent devoir transformer complètement nos idées sur le rôle du latex dans le règne végétal. Quoique les observations faites sur un petit nombre d'espèces n'aient pas encore été vérifiées pour toutes les autres, on peut supposer que tous les latex possèdent à un degré plus ou moins élevé la propriété de dissoudre les matières azotées, de les transformer en peptones.

Tandis qu'autrefois on se plaisait à considérer le latex comme une excrétion non utilisable, on est amené aujourd'hui à se demander s'il n'est pas un facteur important dans la nutrition de la plante, en rendant les matières azotées solubles, et en permettant, par conséquent, leurs migrations d'un organe de la plante à un autre[1].

1. Voyez sur ce sujet les recherches de MM. Wurtz et Bouchut.

Recherches sur les cristalloïdes de protéine,

PAR M. A. F. W. SCHIMPER [1].

Dans ce travail étendu, consacré à l'étude micographique et cristallographique des cristalloïdes protéiques, dont l'existence a été constatée depuis longtemps dans les organes végétatifs ou dans les graines de certains végétaux, nous nous bornerons à signaler le dernier chapitre qui traite de la production artificielle de ces cristalloïdes.

M. Schmiedeberg [2] a préparé de très beaux cristalloïdes, en traitant la matière albuminoïde de la noix du Para : *Bertholletia excelsa* par la magnésie, la baryte et la chaux. M. Maschke était déjà arrivé à ce résultat il y a plus de 20 ans.

Ces cristalloïdes prennent naissance dans les mêmes conditions que les cristaux naturels.

On dit qu'ils se distinguent de ces derniers par leur gonflement dans l'eau, leur structure analogue à celle des grains d'amidon, l'inconstance de leurs angles. Une même substance ne peut être obtenue à l'état de cristalloïde et à l'état de cristal, l'une des formes exclut l'autre.

Effets de la jachère,

PAR LE PROFESSEUR E. WOLLNY [3].

Deux parcelles de 4 m. q. furent délimitées sur le champ d'expérience. Après deux façons données au printemps, l'une fut ensemencée de gazon, l'autre resta en jachère. On plaça des thermomètres à 10 et 40 cent. de profondeur dans le sol de chacune des parcelles. Les observations furent faites journellement à 8 h. du matin et à 5 h. du soir.

On observa que le sol gazonné fut le plus froid en été, et le plus chaud en hiver : que les variations de température furent les plus grandes dans le sol en jachère.

En effet le gazon intercepte les rayons directs du soleil ; il utilise

1. *Untersuchungen über die Proteinkrystalloïde der Pflanzen.* Strasbourg 1878. 8 vol. 68 pages. *Bot. Leit.* 1879, col. 45.
2. *Zeiteschrift f. physiolog. Chemie*, I p. 205.
3. Biedermann's Centralblalt fur Agricultur chemie.

une partie de la chaleur pour l'évaporation, pour les réductions qui s'effectuent dans la plante; pendant les nuits claires, il perd beaucoup de calorique par rayonnement; la terre qu'il recouvre doit donc être moins échauffée en été. En hiver cette terre sera couverte de débris de végétaux, et protégée contre le refroidissement, elle sera donc moins froide pendant cette saison.

Pour déterminer l'humidité dans les deux sols, on en prélevait des échantillons, avec une sonde on les séchait à 105° et on en notait les pertes de poids.

On reconnut que c'est la parcelle gazonnée qui contient le moins d'eau pendant l'époque de la végétation; mais on constata en même temps que la parcelle gazonnée contient plus d'eau à la superficie que la parcelle nue; ceci était à prévoir, car les plantes retiennent entre leurs feuilles et leurs tiges de l'air très humide qui gène beaucoup l'évaporation dans cette couche superficielle du sol; la nuit l'abaissement de température y détermine une formation de rosée, qui se maintient sous le couvert des plantes pendant une partie de la journée et quelquefois, pendant la journée entière; sur la terre nue la surface est généralement sèche, le dépôt de rosée y étant moins fort, et l'évaporation dans le jour s'y faisant plus facilement. Les observations faites le 13 juin 1875 ont donné.

EAU CONTENUE DANS LE SOL

PROFONDEUR	TERRE EN LUPIN.	TERRE EN SARRASIN.	TERRE EN JACHÈRE.
0.00 à 0.02	16.58 0/0	16.8 0/0	5.47 0/0
0.02 à 0.20	18.23	13.33	23.07

La couche tout à fait supérieure du sol est plus humide, quand il est couvert de végétaux, mais la couche inférieure, où les racines vont puiser l'eau nécessaire au végétal, est moins humide que si cette terre était restée en jachère.

Pour savoir si des façons multipliées données à la terre en jachère lui font perdre une partie de cet excédant d'eau, on compara une parcelle labourée souvent avec une autre non labourée.

EAU CONTENUE POUR 100 DANS UNE TERRE EN FRICHE.

PROFONDEUR	NON LABOURÉE.	LABOURÉE.
0.00 à 0.02	5.47	4.98
0.02 à 0.20	23.07	22.46

Ainsi même quand elle est souvent labourée la terre nue contient plus d'eau que la terre couverte de végétaux.

Les plantes évaporant une énorme quantité d'eau, le sol en jachère aura plus d'eau à sa disposition que le sol couvert de végétaux. Ces observations ont été faites pour mesurer les quantités d'eau qui ont filtré à travers un sol gazonné; on a reconnu que c'est le sol nu qui laisse passer le plus d'eau.

D'après l'auteur, la jachère peut contribuer à la fertilité du sol.

En accumulant de l'humidité dans le sol elle favorisera certaines cultures; cette humidité hâtera en outre la formation des matières ulmiques; on a pu observer que l'acide carbonique est bien plus abondant dans la terre nue que dans la terre couverte de végétaux; on a trouvé en effet :

	Terre en friche.	Terre cultivée.
Acide carbonique contenu dans 1 000 volumes.......	14.278	3.699

La jachère favorise l'échauffement du sol, la formation des matières ulmiques et de l'acide carbonique; cet acide met en liberté des principes minéraux qui se trouvaient engagés jusque là dans des combinaisons insolubles, et qui, rendus solubles, sont avantageusement absorbés par les végétaux.

Les brusques variations de température que subissent les terres en jachères contribuent aussi à la division des particules minérales. Enfin l'absence de végétation laisse s'accumuler des principes nutritifs qui auraient été absorbés si la terre avait été cultivée.

Mais la jachère est quelquefois nuisible. Si le sol est profond, sablonneux, l'absence de végétation favorisant la descente des eaux pluviales, les principes utiles aux plantes, que cette nature de

terre ne peut guère fixer, seront entraînés trop bas, et les végétaux ne pourront plus les atteindre. Si la terre est argileuse ou à sous-sol compacte, si le climat est humide, la jachère pourra être nuisible en déterminant une trop grande accumulation d'eau.

Sur le pèse-moût ou glucomètre,

PAR M. B. HAAS[1].

Les tables de Balling permettent de déterminer, avec une approximation suffisante, la teneur en extrait sec d'un moût de raisin, connaissant sa densité. Lorsqu'on veut employer de même le densimètre à la détermination approchée de la teneur en sucre d'un moût, il faut connaître préalablement la proportion de matières étrangères (acides, sels, matières albuminoïdes, principes extractifs) que renferme ce moût. Bien entendu cette proportion, loin d'être constante, varie avec le cépage, l'année, la maturité du raisin, etc., et il ne s'agit ici que d'une moyenne. Jusqu'ici on avait admis généralement qu'elle s'élevait à 3 0/0; les pèse-moûts (Mostwage), employés en Allemagne et en Autriche, étaient construits d'après cette donnée; il en est de même, il nous semble, du glucomètre de Guyot-Salleron. Or cette proportion de 3 0/0 est trop faible; l'auteur admet le chiffre de 4,2 0/0, qui est déduit de l'analyse de 38 espèces de moûts des années 1872, 1873 et 1874; les résultats extrêmes étaient de 1,8 0/0 et 6,2 0/0.

D'autres observateurs étaient arrivés précédemment au même résultat.

Fresenius avait trouvé 4 0/0 en 1847; Sestini et del Torre, 4,41 0/0 en 1873; Pillitz, 4,3 0/0 en 1876 ; Galimberti, 4,13 0/0 en 1878; Ravizza, 4,20 8/0 en 1878; Neubauer, enfin, 3,80 0/0, mais ces chiffres étaient déduits d'un nombre d'analyses plus restreint. Ces résultats ne sont valables que pour le moût préparé avec des raisins arrivés à l'état de maturité.

Note sur un nouveau mode d'essai du lait,

PAR LE DOCTEUR WŒLCKER.

Le professeur Feser, de Munich, a imaginé récemment un petit appareil à l'aide duquel on apprécie la plus ou moins grande opacité du lait, et qui, d'après l'auteur, donne immédiatement, par

1. *Zeitschrift für analytische Chemie*, t. XVII, p. 422.

une manipulation très simple, la richesse de ce liquide en globules butireux. L'usage de cet instrument s'est bientôt répandu dans la plus grande partie de l'Allemagne, de la Hollande et du Danemark : les laitiers, les agents préposés à la surveillance des denrées alimentaires, s'en servent, paraît-il, avec grand avantage, et on assure qu'il donne de précieux renseignements sur la qualité du lait.

M. Woelcker a voulu rechercher jusqu'à quel point ces indications pouvaient être d'accord avec l'analyse, et il s'est livré à un travail de vérification que nous allons résumer rapidement.

Nous empruntons au mémoire de M. Woelcker la description suivante du nouveau lactoscope :

« Le lactoscope du professeur Feser est fondé sur le même principe que l'ancien appareil de Donné, mais il est infiniment plus simple et par conséquent plus pratique. Sa construction, confiée à M. Johannes Greiner, fabricant d'instruments de précision, à Munich, est l'objet des plus grands soins, et chaque appareil, livré à la circulation, est préalablement vérifié et garanti par le professeur Feser lui-même.

On sait que le lait pur est plus opaque que celui qui a été étendu d'eau ou simplement écrêmé : le lactoscope de Feser donne immédiatement la mesure de l'opacité du lait, et par suite sa richesse en globules, c'est-à-dire en beurre.

Il se compose d'un tube gradué d'environ 35 millimètres de diamètre sur 24 à 25 centimètres de longueur; la partie inférieure, qui est fermée, a été amincie sur une longueur de quelques centimètres, de façon à réduire son diamètre de moitié ; la partie supérieure, qui est restée ouverte, se resserre suffisamment pour que l'on puisse boucher l'orifice avec le pouce ; enfin, dans la partie étirée du tube se trouve, soudé sur le fond, un petit cylindre de verre opalescent sur lequel on a gravé des lignes transversales noires; si l'appareil est rempli de lait pur ou très légèrement étendu, les traits sont masqués, mais on peut les faire apparaître en ajoutant progressivement au liquide des proportions croissantes d'eau pure. On conçoit dès lors que le lait essayé sera d'autant plus riche en crême qu'il aura fallu ajouter un plus grand volume d'eau pour apercevoir les traits au travers de sa masse.

Au lactoscope est adjointe une pipette de 4 centimètres cubes de capacité avec laquelle on mesure la quantité constante de lait qui doit être introduite dans l'instrument ; cette première opération faite, on

verse l'eau goutte à goutte, en ayant soin d'agiter après chaque addition, jusqu'au moment où l'on commence à distinguer nettement les lignes noires du cylindre central. Le liquide s'arrête alors à une certaine division marquée de deux chiffres : l'échelle, gravée sur la droite du tube, donne de suite la richesse centésimale du lait en beurre; l'autre, qui se trouve à gauche des divisions transversales, indique simplement le volume d'eau qu'il a fallu ajouter au lait pour lui donner la transparence convenable; il est clair que cette seconde échelle pourrait être supprimée sans inconvénient. »

M. Woelcker rapporte ensuite une série d'analyses qu'il a effectuées, en comparant les chiffres trouvés aux indications du lactoscope de Peser : quatre fois sur sept, le lactoscope a donné un nombre trop faible; dans un cas, la différence dépasse 1 0/0; deux fois la concordance a été suffisante, une fois le lactoscope a donné un chiffre supérieur de un demi pour cent à celui qu'on avait trouvé par l'analyse.

En général, les indications sont trop fortes quand on essaye un lait écrêmé, surtout si celui-ci commence à prendre une réaction acide; mais, pour un même échantillon de lait, étendu dans différentes proportions, le lactoscope donne, avec une assez grande exactitude, la quantité d'eau qui a été ajoutée.

En résumé, on peut conclure de toutes ces expériences que le lactoscope de Feser ne donne pas toujours très exactement la proportion de beurre que renferme le lait, mais que, dans la pratique, il est capable de fournir des renseignements comparatifs assez précieux sur la qualité de ce liquide. Si l'on joint à ses indications celles d'un densimètre ordinaire, il sera facile de reconnaître si un échantillon de lait a été écrêmé ou additionné d'eau; et, dans ce dernier cas, il permettra de déterminer approximativement la proportion dans laquelle il a été étendu.

M. Woelcker termine son mémoire en formulant le désir que l'usage de cet instrument se répande autant que celui du crémomètre et du lacto-densimètre.

Recherches physiologiques sur la respiration des racines,

PAR M. A. SAIKEIWICZ[1].

Les expériences portaient sur des plantes entières, pourvues de racines saines et élevées à cet effet, dans une solution nourri-

1. Travaux de la Société d'Histoire naturelle de l'Université de Charkoff. 1877. (En russe.)

cière. L'appareil consistait simplement en un cylindre en verre fermé par un bouchon qui était traversé par la plante et par quatre tubes. L'air atmosphérique, privé d'acide carbonique, pénétrait dans le cylindre par l'un des tubes, et s'échappait chargé de l'acide carbonique émis par les racines, par un tube à abducteur qui le conduisait dans des appareils remplis d'eau de baryte titrée. Le mouvement du gaz était entretenu par l'écoulement de l'eau d'un aspirateur. L'auteur termine son travail par les conclusions suivantes :

1. L'énergie respiratoire des racines n'est pas constante, elle augmente le jour et diminue la nuit, indépendamment de la température. Le maximum se présente ordinairement après midi, et le minimum après minuit.

2. Lorsqu'on transporte une plante de l'air libre dans une chambre où elle ne reçoit plus que de la lumière diffuse, l'acide carbonique, dégagé par les racines, diminue peu à peu.

3. L'inverse se produit lorsque la plante, enfermée dans une chambre, est portée à l'air libre.

4. La périodicité diurne de la température de la solution nourricière exerce une influence bien manifeste sur la respiration. C'est à cause de la température que le maximum, au lieu d'arriver exactement à midi, ne s'observe qu'un peu plus tard.

L'auteur croit pouvoir considérer cette périodicité comme une conséquence naturelle de la production également périodique des matières hydrocarbonées dans les organes verts, sans exclure cependant, d'une manière absolue, la possibilité d'un fonctionnement périodique de la racine elle-même, tel qu'il a été observé par Hofmeister et M. Baranetzky, à propos de l'absorption de l'eau[1].

La culture de la vigne et la production du vin aux États-Unis[2].

Nous donnons ci-dessous les résultats d'une enquête fait par le département de l'Agriculture pour connaître la quantité d'hectares cultivés en vignes et la production du vin aux États-Unis.

1. Comparez les résultats obtenus par M. Cauvet (*Bulletin de la Société botanique de France*. 1880. T. XXVII), qui n'avait évidemment pas connaissance des recherches du physiologiste russe.

2. Grape culture et wine production. — Départment of agriculture. — Special report n° 36. — Washington 1881.

Cette enquête a été déterminée par l'importance toujours croissante de l'industrie vinicole ainsi que par la diminution des productions européennes.

Les chiffres que l'on trouvera dans le tableau n° 2 ont un certain intérêt en ce qu'ils montrent que la production indigène pourrait suffire pour les besoins ordinaires de la table sans recourir à la production européenne.

L'auteur du rapport, M. W. Mac Murtrie, reconnaît qu'il y a encore beaucoup d'améliorations à apporter dans la culture de la vigne ainsi que dans la fabrication du vin, cependant il n'est pas difficile, dit-il, de trouver de bons vins et il engage les négociants et les consommateurs à connaître et à comparer les différents vins de productions américaine.

Le tableau n° 1 donne les nombres relatifs à l'importation des vins étrangers en 1879 et en 1880.

TABLEAU N° I.

ANNÉES.	VINS EN CERCLES.		VINS EN BOUTEILLES.		VALEUR TOTALE.
	HECTOLITRES.	VALEURS.	DOUZAINES.	VALEURS.	
		Francs.		Francs.	Francs.
1879	193.142.85	110.656.95	345.066	133.358.95	244.015.90
1880	183.027.60	123.521.15	429.029	173.283.40	296.804.55

Le tableau n° 2 donne la production moyenne par État ainsi que les surfaces plantées en vignes.

On peut voir, d'après le tableau précédent, que la Californie vient en première ligne dans la production vinicole. Dans les États situés à l'est des montagnes rocheuses, la culture n'est pas aussi développée qu'en Californie, mais elle est plus rémunératrice, les producteurs étant plus rapprochés des centres de consommations. C'est ainsi que la valeur totale du vin fabriqué dans les États à l'est des montagnes rocheuses est le double de celle du vin de Californie, bien que ce dernier État contribue pour les 2/3 à la production totale.

TABLEAU N° II.

ÉTATS.	SURFACE PLANTÉE en vignes.	PRODUCTION DU VIN.	VALEUR.
	Hectares.	Hectolitres.	Francs.
Alabama	448.84	19.189.30	1.998.525.00
Arkansas	360.77	3.302.85	562.009.35
Californie	1.376.67	615.494.83	20.234.329.00
Connecticus	25.87	242.25	30.383.75
Delaware	50.50	183.87	20.250.00
Floride	33.53	507.57	77.075.00
Céorgie	1.209·37	41.007.27	6.677.608.10
Illinois	167.64	47.573.52	4.047.736.00
Indiana	1.555.80	4.520.29	458.597.00
Iowa	593.88	15.207.63	1.731.993.00
Kansas	1.430.96	10.271.70	951.653.75
Kentucky	757.40	3.666.11	404.543.75
Maine	28.68	68.10	14.250.00
Maryland	282.39	971.78	95.755.00
Massachusetts	91.70	287.74	50.252.50
Michigan	915.46	2.852.52	378.096.50
Minnesola	25.45	128.62	12.230.00
Mississipi	2.174.52	9.526.96	152.663.75
Missouri	979.90	82.818.99	6.600.252.00
Nebraska	113.12	256.82	44.910.00
New-Jersey	794.66	9 766.53	1.119.333.50
New-Mexico	1.272.60	41.245.90	4.901.250.00
New-Yorck	5.108.98	26.520.31	1.936.544.15
Caroline du Nord	1.066.15	15.195.42	1.344.096.02
Ohio	4.029.09	74.095.11	8.139.634.40
Orégon	50.90	767.26	46.200.00
Pennsylvanie	785.37	5.199.88	540.485.00
Ile de Rhode	22.22	11.89	2.582.50
Caroline du Sud	77.97	771.25	111.781.25
Tenessee	455.71	2.941.78	453.980.00
Texas	343.40	1.612.97	223.524.35
Utah	265.83	5.219.86	879.125.00
Virginie	747.99	10.554.54	1.000.227.25
Virginie occidentale	188.26	3.284.58	307.309.00
Wisconsin	87.66	497.94	77.799.25
Total	73.369.53	1.110.303.74	67.130.874.53

De l'acide carbonique renfermé dans l'air du sol,

PAR LE PROF. Dr E. WOLLNY[1].

MM. Boussingault et Lévy ont trouvé en 1852 que la terre arable renferme de l'air très riche en acide carbonique ; ils constatèrent en outre que cet air contient moins d'oxygène que l'air atmosphérique,

1. Journal de Biedermann de novembre 1880.

et que chaque volume d'oxygène qui y manque est à peu près remplacé par un égal volume d'acide carbonique.

Cet oxygène que l'air a perdu pendant son séjour dans le sol serait donc transformé en acide carbonique, en se combinant avec les matières organiques.

Wollny, pour continuer ces études, se servait de cylindres en fer blanc de $0^{m},50$ de haut et 1 décimètre carré de section, contenant 50 litres d'un mélange en quantités variées de tourbe pulvérisée et de sable quartzeux. Suivant l'axe du vase il enfonçait un tube en verre, qui se terminait au milieu de la hauteur du vase par une boule percée de trous. Par ce tube il aspirait un volume connu d'air, préalablement privé de son acide carbonique, et le faisait ensuite barboter dans de la baryte titrée. Wollny tira d'un très grand nombre d'opérations la conclusion que la quantité d'acide carbonique qui se forme dans le sol varie comme la quantité d'humus qu'il contient.

Wollny fit aussi une série d'expériences avec des tubes en U remplis de terre et traversés, soit par un courant d'air, soit par de l'hydrogène. Il constata une bien plus grande production d'acide carbonique avec l'air qu'avec l'hydrogène ; mais ce qui est bien remarquable, c'est qu'il ne peut jamais arrêter la production de l'acide carbonique dans le courant d'hydrogène.

Puisque l'oxydation des matières carbonées peut se faire en l'absence de l'oxygène de l'air, elle doit nécessairement s'effectuer avec l'oxygène qui entre dans la constitution des matières organiques, ou avec celui des sels minéraux.

MM. Schlœsing et Müntz ayant observé que la nitrification dans le sol est produite par un ferment, Wollny voulut voir si l'oxydation du carbone se fait également par un être organisé. Pour cela il essaya de tuer le microbe avec du chloroforme, dans la terre que renfermaient ses tubes en U, et il put constater que la formation de l'acide carbonique était réduite au tiers dans les terres chloroformées.

L'activité du microbe ne serait donc pas complètement paralysée par l'anesthésique ou bien encore il se pourrait que l'oxydation ne soit due qu'en partie aux organismes microscopiques.

Le Gérant, G. Masson

PARIS. — IMPRIMERIE ÉMILE MARTINET, RUE MIGNON, 2.

SUR LA FERMENTATION

ET

LA CONSERVATION DES FOURRAGES VERTS EN SILO

PAR

M. G. LECHARTIER

Professeur à la Faculté des sciences, directeur de la Station agronomique de Rennes.

L'ensilage des fourrages verts a pris une place considérable en agriculture. C'est ainsi qu'il est appliqué dans un grand nombre d'exploitations à la conservation du maïs destiné à remplacer en partie, pendant l'hiver, la betterave et les autres racines fourragères.

La question de l'ensilage a été résolue pratiquement par les efforts continus d'agriculteurs distingués, parmi lesquels on doit citer les noms de MM. Lecouteux, Goffart, Moreul, de M. le baron docteur Corvisart. Mais il restait à donner la théorie de la conservation des fourrages verts en silo et à relier les résultats acquis par l'expérience aux principes scientifiques; il n'était pas inutile d'éclairer la pratique en rendant un compte exact de ce qui se passe dans une masse de fourrage en fermentation.

De plus, il était intéressant de rechercher quelles transformations subissent les matières nutritives contenues dans les végétaux. Y a-t-il perte de substances alimentaires? En quoi consiste-t-elle exactement dans les meilleures conditions de conservation?

J'ai pensé que la théorie de l'ensilage des fourrages verts était en relation immédiate avec les faits que j'ai publiés, en commun avec M. Bellamy, sur la fermentation que subissent, à l'abri de l'air, les fruits verts ou mûrs, les parties vertes des végétaux et toutes les graines qui n'ont pas été suffisamment desséchées.

Ces faits sont les suivants :

1° Toutes les parties vertes d'un végétal, enfermées en vase clos, absorbent la totalité de l'oxygène de l'atmosphère confinée où elles sont conservées; cette absorption est accompagnée et suivie d'une production considérable d'acide carbonique. La vitesse du dégagement gazeux, s'accroît d'abord, pour diminuer ensuite jusqu'à devenir nulle. Ce travail est dû à l'activité des cellules végétales qui

continuent à vivre malgré la privation d'oxygène. Le volume de l'acide carbonique dégagé, est toujours limité lorsque des ferments étrangers n'interviennent pas; il est en général inférieur à 14 centimètres cubes de gaz pour chaque gramme de feuilles ou de fruits, considérés dans leur état normal d'humidité.

Les fruits jeunes, de même que les feuilles, absorbent rapidement l'oxygène de l'air qui les entoure; le dégagement d'acide carbonique s'effectue en un temps relativement court, et sa vitesse atteint immédiatement une valeur maximum pour décroître ensuite rapidement. Ces cellules végétales jeunes se caractérisent à la fois par un pouvoir d'absorption pour l'oxygène très élevé et par une puissance de décomposition très grande. A mesure que le fruit vieillit et a été conservé à l'air pendant un temps plus long, après avoir été détaché de l'arbre, le volume de l'acide carbonique produit diminue.

Le fruit qui a perdu son activité en vase clos, ne la reprend plus, même après avoir été mis de nouveau au contact de l'air.

Le germe contenu dans la graine participe à cette altération; la graine perd la faculté de germer.

2° De l'alcool prend naissance à l'intérieur du fruit; les quantités d'alcool varient dans le même sens que le poids de l'acide carbonique, tout en restant, en général, plus petites. Une destruction de sucre accompagne ce phénomène; de l'acide acétique prend naissance, même en l'absence de l'oxygène de l'air.

3° Pendant ce travail interne, les pommes et les fruits acquièrent souvent une grande mollesse et prennent la consistance de fruits blets. Lorsque le tissu cellulaire n'est pas désagrégé, il se ramollit. La couleur des fruits n'est pas altérée; mais dès qu'ils sont placés au contact de l'air, elle s'altère en très peu de temps; les feuilles deviennent brunes.

4° Les cellules végétales exhalent continuellement de la vapeur d'eau et, au bout d'un temps plus ou moins long, la surface des fruits et des feuilles se recouvre de gouttelettes liquides, même dans une atmosphère confinée saturée de vapeur d'eau.

5° Le poids de la matière sèche contenue dans le fruit diminue à mesure que le dégagement d'acide carbonique se poursuit.

Je devais naturellement rapprocher ces divers phénomènes du fait acquis de la conservation des fourrages dans les silos. Seulement, il me fallait démontrer, d'une part, que, dans un silo où la

fermeture ne saurait être complète, l'oxygène de l'air ne pénètre pas dans l'intérieur de la masse du fourrage, et, d'autre part, que la matière végétale, enfermée rigoureusement à l'abri de l'air dans un flacon de verre, subit les mêmes transformations que dans le silo.

J'ai préparé plusieurs lots de maïs haché, en morceaux analogues à ceux que l'on découpe dans la pratique de l'ensilage. On a fait entrer, dans chacun d'eux, des poids proportionnels des feuilles et des diverses parties des tiges, laissant de côté les panicules et les fruits. On a formé un mélange de fragments n'ayant entre eux que des différences de composition relativement faibles, afin d'obtenir des lots distincts, exactement semblables, sur lesquels il fût ensuite possible, après dessiccation et pulvérisation, de prélever pour l'analyse des échantillons identiques.

Ce maïs haché était ainsi préparé le 9 novembre 1878. Une portion, du poids de 1517 grammes, était soumise à la dessiccation pour être ensuite analysée.

Une autre partie servait à remplir deux flacons à large goulot. Dans l'un, le n° 1, on introduisait 504 grammes de maïs, et dans le second, le n° 2, 439 grammes seulement. L'ouverture des flacons était fermée à l'aide d'un bouchon traversé par un tube recourbé s'ouvrant sous le mercure. Le bouchon était recouvert d'une couche de 2 centimètres de mastic fondu que l'on a fait adhérer exactement aux parois du verre de manière à produire une fermeture hermétique. De cette manière, on interceptait toute communication avec l'air extérieur ; en même temps on pouvait recueillir le gaz produit et le mesurer.

Le même jour, on remplissait avec 4443 grammes de maïs une cloche en verre ayant une hauteur de 35 centimètres. Le maïs a été tassé avec soin sur toute la hauteur, comme on peut le faire dans un silo, et la cloche fut maintenue verticalement sur un support, l'ouverture dirigée vers le haut. Pendant cette opération, on avait disposé le long des parois de la cloche un tube de plomb de petit diamètre, dont l'extrémité légèrement recourbée fut placée à 25 centimètres de la surface, sur l'axe du cylindre. Le maïs a été recouvert d'un disque en bois, qui laissait entre son bord et le pourtour de la cloche, un espace annulaire par lequel il restait en communication avec l'air extérieur. Le disque a été chargé de poids, comme on le fait d'ordinaire dans les silos en maçonnerie.

A la sortie de la cloche, le tube de plomb a été mastiqué à un robinet en verre, et celui-ci a été réuni de la même manière, par un tube de plomb, à la trompe de Sprengel.

Le 15 novembre, on ferme le robinet en verre et on fait le vide dans la machine et dans les tubes de communication. L'appareil est abandonné à lui-même jusqu'au 20 novembre. Le vide s'est maintenu complètement. A cette date le maïs s'était affaissé de 2 centimètres environ. On ouvre alors le robinet, de manière à aspirer lentement les gaz contenus dans le tube de la cloche, et ceux qui composent l'atmosphère du maïs au voisinage de son extrémité. On laisse la colonne du manomètre descendre de 76 à 55 centimètres. On ferme le robinet; on extrait le gaz qui remplit la trompe, et on le recueille : on mesure 18 centimètres cubes de gaz qui sont analysés à l'aide de la potasse et de l'acide pyrogallique.

Le gaz contenait :

Acide carbonique	28.4
Azote	71.6
	100.0

La proportion d'oxygène était nulle. La solution du pyrogallate n'a pas changé de teinte, même après agitation, et sur les parois internes du tube on n'a pu observer aucune coloration.

Une seconde fois, on a ouvert le robinet, pour laisser descendre la colonne manométrique à 49 centimètres et, après l'avoir refermé, on a extrait 25 centimètres cubes de gaz ne contenant pas d'oxygène; il a donné à l'analyse le résultat suivant :

Acide carbonique	29.0
Azote	71.0
	100.0

On avait pu faire sortir de la cloche 43 centimètres cubes de gaz sans obtenir d'oxygène; ce gaz n'existait donc plus dans l'atmosphère de la cloche à une profondeur de 25 centimètres au-dessous de la surface, ni dans les couches voisines.

L'appareil fut abandonné à lui-même pendant 48 heures; puis, par une manœuvre identique à la précédente, on en a extrait, en quatre opérations successives, 164 centimètres cubes de gaz dans lesquels on n'a pas trouvé d'oxygène; la proportion de l'acide carbonique s'est maintenue entre 26 et 29 pour 100.

Le 24 novembre, on a aspiré, en quatre fois, 188 centimètres cubes de gaz, ne contenant que de l'azote et de l'acide carbonique. La proportion d'acide carbonique, d'abord égale à 26,5 pour 100, est descendue à 24,6 et 24,1 pour 100. Dans la dernière portion de gaz recueillie on a reconnu l'existence d'une trace d'oxygène à un changement dans la couleur du pyrogallate de potasse. Aussi n'ai-je pas été surpris de trouver de l'oxygène dans les gaz provenant d'une cinquième opération.

Acide carbonique	23.4
Azote	74.8
Oxygène	1.8
	100.0

Il a fallu extraire 188 centimètres cubes de gaz d'une masse de 4 kilogrammes et demi de maïs en communication avec l'air extérieur, avant d'amener de l'oxygène à 25 centimètres au-dessous de sa surface.

L'appareil a été abandonné à lui-même jusqu'au 24 février suivant. Le robinet étant fermé, on a maintenu le vide pendant 36 heures dans la trompe et dans les tubes de communication; puis on a ouvert le robinet de manière à faire sortir de la masse du maïs 25 centimètres cubes de gaz. L'analyse a fourni le résultat suivant :

Acide carbonique	11.6
Azote	75.6
Oxygène	12.8
	100.0

En comparant ce mélange aux échantillons de gaz précédemment recueillis, on voit que l'acide carbonique a diminué notablement et a été remplacé par de l'oxygène.

Le 26 et le 28 février des expériences analogues ont donné des résultats identiques. La composition des gaz recueillis et analysés est restée comprise entre des limites assez rapprochées :

Acide carbonique	7.2	à	10.1	pour 100
Oxygène	14.3	à	12.0	—
Azote	80.0	à	76.5	—

On peut conclure de ces résultats que, pendant un certain nombre de jours, le maïs se trouvait dans les mêmes conditions que s'il avait été enfermé dans un vase complètement clos et dans une

atmosphère de gaz inerte. Ce fait était dû à la rapidité avec laquelle ce fourrage haché absorbait l'oxygène de l'air et à son activité à produire de l'acide carbonique.

Au bout d'un intervalle de temps inférieur à trois mois, la matière végétale pouvait être considérée comme une masse inerte n'ayant plus la faculté de faire disparaître l'oxygène et de produire une quantité d'acide carbonique suffisante pour maintenir sa masse à l'abri de l'oxygène et la préserver de l'envahissement des moisissures.

Le 10 mars, on mettait un terme à l'expérience ; la hauteur occupée par le maïs avait diminué de 8 à 9 centimètres. La matière fermentée pesait 3967 grammes avec une perte de 475 grammes, soit de 10,69 pour 100 du poids primitif. Ce maïs dont la masse avait été pénétrée par l'oxygène de l'air était envahi en divers points par les moisissures. Ce fait se produit dans les silos où l'air peut s'introduire.

Comparons les faits que nous venons d'exposer avec ce qui s'est passé dans les flacons hermétiquement clos n° 1 et n° 2.

En 24 heures, l'oxygène de l'air qu'ils pouvaient contenir a disparu et de l'acide carbonique s'est dégagé. Voici les quantités de gaz sorties des flacons à travers le mercure par heure et par kilogramme de matière végétale :

	Flacon n° 1. cent. cubes.	Flacon n° 2. cent. cubes.
11 novembre	24.2	23.7
12 —	38.5	36.9
22 —	14.3	14.0
24 —	5.3	5.4
25 —	5.4	5.4
6 décembre	5.1	5.4
28 —	2.7	2.7
21 février au 11 mars	0.29	0.23

A partir de cette date, le mercure est resté soulevé dans les tubes de dégagement ; quelques bulles de gaz sont sorties des appareils, mais ce fait était la conséquence des variations de température et de pression de l'air.

Le dégagement s'est effectué de la même manière dans les deux flacons. Les quantités de gaz produites étaient proportionnelles aux poids de la matière végétale en fermentation. Le ralentissement s'est opéré graduellement, avec la même régularité de part et d'autre. On retrouve ici ce fait général, que des poids égaux de cel-

lules végétales identiques donnent naissance à des volumes égaux d'acide carbonique; et par cellules végétales identiques il faut entendre des parties identiques d'un même végétal arrivées au même degré de développement ou de maturité.

A partir du mois de février, le volume du gaz dégagé reste minime; il vient même un moment où les cellules du végétal hache sont devenues complètement inactives.

La concordance des faits constatés dans les deux séries d'expériences ne saurait échapper à aucun observateur.

Pendant que du gaz acide carbonique se dégageait régulièrement des flacons 1 et 2, il n'y avait pas trace d'oxygène dans la masse du maïs de la cloche, à 25 centimètres au-dessous de sa surface. Mais aux époques postérieures, alors que les cellules végétales avaient perdu la majeure partie de leur activité, toutes les fois qu'on aspirait du gaz de l'intérieur de la cloche et qu'on produisait un appel d'air dans le fourrage, l'oxygène introduit n'était plus absorbé qu'avec une très grande lenteur par la matière organique devenue inerte.

La conservation du maïs et des fourrages verts en silo est donc la conséquence immédiate du travail intérieur dont les cellules végétales sont le siège, même lorsqu'elles font partie de fragments séparés de la plante. Leur activité se manifeste par ces deux faits : absorption de l'oxygène et production continue d'acide carbonique après disparition complète de ce dernier gaz. Nous savons aussi que des transformations se produisent dans la matière constitutive des cellules et dans les principes immédiats qu'elles contiennent. Il nous reste à montrer comment ces lois expliquent les faits constatés par la pratique dans la conservation du maïs et peuvent même y apporter leur contingent de conséquences utiles.

Quant aux faits élucidés par l'expérience des agriculteurs, nous les puiserons dans l'excellent manuel de la culture et de l'ensilage du maïs où M. Goffart, propriétaire agriculteur, a décrit avec conviction les résultats concluants qu'il a obtenus au château de Burtin, à la suite d'une série continue d'essais accomplis en grand pendant plusieurs années. Déjà les travaux de M. Goffart ont été l'objet d'un savant rapport de M. Bella à la Société centrale d'agriculture de France. Ce rapport contient en outre l'ensemble des études analytiques effectuées par M. Barral sur le maïs ensilé de Burtin. La notice du docteur baron Corvisart sur la conservation du maïs fourrage,

es journaux d'agriculture rédigés par MM. Lecouteux et Barral, contiennent aussi de précieux renseignements pratiques.

Considérons un silo en maçonnerie, établi suivant la méthode à laquelle s'est arrêté M. Goffart. Le maïs a été haché; la surface du tas rendue horizontale a été recouverte de planches chargées de matières lourdes. Comment expliquer la conservation pour ainsi dire indéfinie de ce fourrage qui subira nécessairement des transformations qu'il serait impossible d'éviter, parce qu'elles sont la conséquence même de la continuation de la vie dans les cellules végétales?

Nous devons considérer deux périodes bien distinctes : 1° celle pendant laquelle la substance végétale a conservé son activité; 2° celle qui commence au moment où les cellules sont devenues à peu près inertes.

Première période. — Quelques heures après que le silo a été fermé, tout l'oxygène de l'air emprisonné dans la masse du fourrage a disparu, et de l'acide carbonique en se dégageant maintient un excès de pression de l'intérieur vers l'extérieur. A la surface même du tas, entre les intervalles des planches et dans la couche en contact avec les parois latérales du silo, il doit continuer à se faire un échange entre l'air extérieur et l'atmosphère interne. De l'acide carbonique se dégage, de l'air pénètre à l'intérieur apportant de l'oxygène; mais une couche de fourrage de faible épaisseur suffit pour faire disparaître ce dernier gaz.

Les variations de la température extérieure ne se font pas sentir dans la masse du maïs qui possède une température distincte, supérieure à celle de l'air ambiant. Son échauffement est produit par les transformations dont les cellules sont le siège; il en est même la mesure. Peu à peu la température intérieure s'abaisse à mesure que la fermentation cellulaire perd de son intensité. Mais la production d'acide carbonique reste toujours suffisante pour compenser la diminution de volume provenant du refroidissement.

Les variations dans la pression de l'air extérieur ne sont pas à redouter. Toute diminution de pression est accompagnée d'un fort dégagement d'acide carbonique provenant, non seulement des gaz interposés entre les parcelles de fourrage, mais aussi du gaz dissous dans les liquides de la matière végétale et dont le poids s'élève aux quatre cinquièmes de la masse totale. Une augmentation de pression aura ensuite pour effet de faire naître un arrêt dans la

sortie du gaz et d'amener une pénétration des couches extérieures par l'oxygène de l'air; mais cet oxygène absorbé rapidement ne subsiste pas assez longtemps pour permettre aux moisissures de se développer en proportion appréciable. L'arrêt dans le dégagement de l'acide carbonique cesse dès que la quantité de gaz, produit par la fermentation qui continue sans interruption, aura comblé les pertes effectuées par le silo sous l'influence d'une diminution brusque de pression.

Pour se convaincre qu'il doit en être ainsi, il suffit de remarquer que dans les flacons 1 et 2 le dégagement de gaz s'effectue régulièrement chaque jour, sans arrêt prolongé.

Pendant cet intervalle de temps, que nous avons appelé *période de bonne conservation*, le fourrage vert se trouve, sauf une bande étroite, dans les mêmes conditions que s'il était enfermé dans un vase imperméable à l'oxygène de l'air. Son aspect et sa couleur sont les mêmes dans le silo et dans les flacons de verre; les mêmes modifications s'opèrent dans la matière végétale. Cette période est plus ou moins longue suivant la nature du fourrage, l'état dans lequel il a été ensilé, son degré plus ou moins avancé de végétation.

On peut recueillir des renseignements utiles sur la durée de cette période, en étudiant la marche du dégagement gazeux que produirait ce même fourrage enfermé dans un flacon à l'abri de l'air.

C'est pendant cette première période que s'opèrent toutes les réactions intimes qui changent le fourrage frais en fourrage fermenté; elles cessent en même temps que le dégagement gazeux. A partir du moment où se termine cette période, la matière végétale devient inerte et les divers principes immédiats qu'elle contient ne subissent plus que des modifications insensibles si elle ne devient pas le siège de fermentations étrangères.

Deuxième période. — Ces transformations qui ont accompagné le dégagement de l'acide carbonique ont eu pour effet de modifier l'état physique du fourrage de manière à lui permettre de se conserver encore en silo lorsque les cellules végétales ne possèdent plus le pouvoir d'absorber rapidement l'oxygène.

Le tissu même des cellules s'altère; ou il se désagrège complètement, ou il subit un ramollissement notable. Ce fait est la cause de l'affaissement qu'on observe dans tous les ensilages de maïs.

« Au moment où le maïs vert vient d'être haché, dit M. Goffart, il est tout vif encore et doué d'une élasticité telle qu'il réagit for-

tement contre la pression momentanée que vous lui avez fait subir, il remonte sous le pied à peine relevé de l'ouvrier.

» Il n'en est plus de même quelques jours ou quelques semaines après; le maïs ne tarde pas à subir un ramollissement qui en diminue successivement l'élasticité. »

Aussi est-il nécessaire que la couverture que l'on donne à la masse du fourrage ensilé la suive dans son mouvement d'affaissement, afin de ne laisser subsister aucun vide à son intérieur. Dans le cas d'une couverture en terre, telle qu'on l'emploie dans les silos creusés dans le sol, il faut s'assurer qu'elle suit le maïs à mesure qu'il descend, et réparer sa surface toutes les fois qu'elle se fendille.

Le mode de fermeture adopté par M. Goffart est excellent. Des planches juxtaposées, mobiles les unes par rapport aux autres et chargées d'un poids qui a été évalué à 500 kilogrammes par mètre carré, constituent un couvercle mobile qui accompagne la matière sous-jacente dans son mouvement de descente et qui maintient en contact toutes les parties.

Pour comprendre toute l'importance de cette recommandation, il faut remarquer que l'affaissement peut s'élever aux trente-sept centièmes du volume total. M. Bella a constaté chez M. Goffart que la hauteur d'un tas primitivement égale à $2^{m},60$ se trouvait réduite à $1^{m},60$. Sans une compression suffisante et régulière, des vides se produisent dans la masse du fourrage, de l'oxygène y pénètre dès que le dégagement du gaz acide carbonique se ralentit, et les moisissures s'y propagent.

De plus, tous les fragments de matière végétale, qu'ils proviennent de feuilles, de fruits ou de tiges, se recouvrent d'humidité dans les silos, quel que soit leur mode de construction. Ce fait, qui a une grande utilité pratique, n'est pas dû à la compression ; il se produirait même dans le cas où celle-ci serait nulle.

Il a pour cause l'exsudation qui se produit naturellement à la surface des cellules végétales, soit que les liquides qu'elles contiennent s'en échappent en même temps que les parois se désagrègent, soit que l'eau en sorte par voie de volatilisation pour se condenser à l'extérieur.

En résumé, sous l'influence d'un tassement convenable, les divers morceaux de fourrage se rapprochent, les intervalles qui les séparent deviennent très petits et se remplissent de liquide saturé

d'acide carbonique sans interposition de matière gazeuse. Après cette première période de conservation qui a été décrite précédemment, il ne doit plus y avoir dans le silo qu'une masse compacte qui en occupe toute la capacité, dans laquelle il n'existe aucun vide et qui oppose à la pénétration de l'air extérieur, la même difficulté que pourrait le faire une matière homogène, semi-fluide, de même forme et de même dimension. Ces diverses conditions sont indispensables à la conservation du maïs à partir du moment où les cellules végétales deviennent inactives.

Étude de diverses particularités de l'ensilage.

Le maïs haché doit se conserver plus facilement que les tiges que l'on garde entières. Il est difficile de les ranger de manière à faire disparaître par le tassement, même après fermentation, tout interstice pouvant servir à l'introduction de l'air dans la masse du fourrage.

Quand on hache le maïs, on ne doit pas, pour les mêmes motifs, donner aux morceaux une trop grande longueur.

Le plus souvent, le maïs ensilé se recouvre de moisissures sur une légère épaisseur, aux points où il est en contact avec l'air, c'est-à-dire à la surface supérieure et au voisinage des parois verticales du silo, le long desquelles l'oxygène peut pénétrer. Cette couche altérée a une épaisseur de 2 à 4 centimètres dans les silos de M. Goffart; on la trouve après deux mois d'ensilage, précisément à partir de l'époque où le dégagement d'acide carbonique se ralentit. Ce fait est d'accord avec l'explication que je viens de donner.

Je partage entièrement l'avis de M. Goffart au sujet de l'influence que peut exercer sur la conservation du maïs son mélange avec de la paille.

« Je ne tardai pas à reconnaître, écrit M. Goffart, que le mélange de paille et de maïs se conservait d'autant moins de temps que la proportion de paille était plus considérable. Un cinquième en volume, soit un dixième en poids, c'était le maximum de ce que le maïs pouvait en supporter sans être exposé à une prompte altération. »

Lorsqu'on mélange de la paille au maïs, il est nécessaire qu'elle soit en quantité telle, qu'elle puisse être mouillée complètement par les liquides que le maïs laisse échapper pendant sa fermenta-

tion. D'autre part, il est utile qu'elle soit assez ramollie pour se comporter comme le fourrage lui-même. Si chaque morceau de paille constitue un tube rempli de gaz, et que ces tubes se juxtaposent formant un réseau continu dans le silo, le fourrage ensilé se conserve à l'état de masse poreuse, à l'intérieur de laquelle l'air pénètre et les moisissures se développent.

Quand on suit avec attention ces divers phénomènes, on reste convaincu qu'il est impossible d'empêcher ces transformations qui caractérisent la fermentation cellulaire des végétaux. On doit même ajouter que cette fermentation est utilisée pour la conservation des fourrages en silo. Tout le talent de l'agriculteur consiste à éviter ces fermentations parasites qui peuvent prendre naissance par le développement de ferments étrangers et qui conduiraient à une altération plus profonde de la substance végétale. On doit redouter les fermentations lactique, acétique et butyrique. Cette dernière surtout donne au fourrage une odeur spéciale qui imprègne les étables et tous les bâtiments de la ferme; lorsqu'elle n'est pas très développée, elle n'empêche pas le bétail de consommer les aliments qu'on lui présente; mais la diffusion du ferment butyrique ne saurait être sans inconvénient dans une ferme où l'on produit du lait, soit qu'on le vende en nature, soit qu'on le transforme en beurre ou en fromage.

Je devais insister sur cette distinction entre ces diverses fermentations, afin de ne point paraître en contradiction avec M. Goffart qui insiste sur le principe suivant dans tous ses écrits :

« Le but à atteindre, c'est d'empêcher toute espèce de fermentation avant comme après l'ensilage, car le moyen d'éviter les mauvaises fermentations, c'est de n'en laisser produire d'aucune sorte. »

Fermentation du trèfle.

Le trèfle a été soumis aux mêmes essais que le maïs.

Le 20 juillet 1879, deux flacons étaient remplis de trèfle haché et disposés comme les flacons 1 et 2, pour qu'on puisse recueillir le gaz produit.

Le même jour, on faisait dessécher 1260 grammes du même trèfle, pour le soumettre ensuite à l'analyse.

L'un des flacons contenait 360 gr,4 de trèfle; dans le second, on en avait introduit un poids de 222 gr,8. Les gaz dégagés ont été

mesurés; leur volume total, ramené à la température de 0° et à la pression de 760 millimètres, a été respectivement égal à 2333^{cc},7 et 1841^{c},6. Les poids correspondants sont 4^{gr},571 et 3^{gr},609. Pour le poids total du fourrage 583^{gr},2, la perte due à l'acide carbonique est 8^{gr},28, soit 1,44 pour 100.

Le 13 octobre, le dégagement gazeux était devenu presque nul, et on mettait fin à l'expérience.

Le trèfle fermenté extrait des flacons a été soumis à la dessiccation. Ces derniers essais n'avaient pas été institués dans le but unique d'obtenir une nouvelle vérification de faits bien souvent vérifiés; on se proposait surtout de préparer deux échantillons exactement comparables permettant de mettre en évidence les changements de composition survenus dans la substance végétale.

Fabrication du foin brun.

On peut rattacher encore aux phénomènes de fermentation cellulaire la fabrication du foin brun. Le procédé en usage consiste à dresser des meules de fourrage vert que l'on ouvre ensuite pour produire une dessiccation rapide. Nul doute qu'au centre des meules, le fourrage ne se trouve dans les mêmes conditions qu'en silo. Les couches extérieures suffisent pour absorber l'oxygène de l'air qui tendrait à pénétrer à l'intérieur. La température s'élève au centre de la masse; la chaleur dégagée est la conséquence des réactions chimiques qui prennent naissance dans les cellules mêmes et qui équivalent à une véritable combustion. Cet échauffement est accompagné d'une volatilisation de l'eau de végétation.

Lorsque la meule est ouverte, l'herbe se dessèche rapidement, parce que l'eau à évaporer recouvre extérieurement les feuilles et les tiges et n'est plus emprisonnée dans les cellules, comme cela a lieu dans le fanage ordinaire.

Donc dans la production du foin brun, deux opérations distinctes se succèdent : l'une qui consiste à mettre le fourrage vert en meule et qui a pour effet de faire sortir l'eau de végétation de l'intérieur des cellules et des vaisseaux, la seconde qui a pour but de faire évaporer cette eau. La première de ces opérations entraîne nécessairement une partie des transformations qui se produisent dans la conservation du maïs en silo. C'est à ce motif que l'on doit rap-

porter la couleur brune du foin brun, son odeur spéciale et la différence de sa composition avec le foin ordinaire.

Modifications de composition subies par un fourrage vert conservé en silo.

On prendra comme point de départ, le fourrage conservé dans de bonnes conditions, à l'abri des fermentations étrangères. Le type de ce fourrage est celui qui a été fermenté en flacon, sans avoir de contact avec l'oxygène de l'air. C'est dans ces conditions seulement qu'on peut obtenir des résultats suffisamment constants. Une fois la fermentation cellulaire terminée, le fourrage reste inerte et la durée de la conservation n'a plus d'influence : son poids ne varie plus et il ne peut se produire dans sa masse que les modifications qui résulteraient de l'action chimique directe des diverses substances en contact les unes avec les autres.

1° On observe une perte dans le poids brut de la matière ensilée. Cette perte nécessaire est due : 1° au poids de l'acide carbonique qui se dégage ; 2° à celui de la vapeur d'eau dont on ne saurait empêcher complètement le départ.

On ne peut pas mesurer *a priori* la perte due à l'évaporation, elle dépend des conditions d'aménagement du silo et de la température à son intérieur. Elle ne fait perdre aucune substance alimentaire.

Quant à la perte en acide carbonique, on peut l'évaluer approximativement. Dans les flacons 1 et 2 le poids du maïs était :

	grammes.
Le 9 novembre	943
17 mars suivant	922.4
Perte	20.6

soit 2,18 pour 100 du poids primitif; ce poids représente environ 10 litres de gaz acide carbonique par kilogramme de matière ensilée.

Pour le trèfle, le poids de l'acide carbonique a été exactement 8gr,280 pour 583 grammes de fourrage, soit 14gr,20 par kilogramme de fourrage, ce qui représente un volume supérieur à 7 litres.

Lorsque la matière végétale est le siège de fermentations accessoires, lorsque des moisissures s'y développent, la perte est plus

considérable. Dans la cloche où nous avons fait pénétrer de l'air à plusieurs reprises, par voie d'aspiration, la perte supportée par le maïs s'est élevée à 10,69 pour 100 du poids initial.

2° La conservation d'un fourrage en silo est toujours accompagnée d'une production d'alcool. Le maïs des flacons 1 et 2 en contenait 1,372 pour 100 de son poids.

Voici la marche suivie pour la recherche et la séparation de l'alcool : 232^{gr},4 de fourrage sont soumis à l'ébullition dans une cornue en verre avec un litre d'eau distillée; on condense les vapeurs dans un serpentin en verre entouré d'eau froide et on recueille au moins le tiers du liquide employé. La liqueur condensée est soumise à de nouvelles rectifications, de manière à réduire son volume à quelques centimètres cubes. Le produit de ces rectifications est introduit dans une éprouvette graduée, et on y ajoute une quantité de carbonate de potasse supérieure à celle qui est nécessaire pour saturer un volume égal d'eau; l'alcool se sépare et vient surnager la solution saturée de carbonate de potasse. On mesure l'alcool et on calcule son poids.

Dans le cas actuel, le volume de l'alcool séparé a été trouvé égal à 4 centimètres cubes, soit 17^{cc},2 par kilogramme, et en poids : 13^{gr},72.

Un maïs provenant d'un silo de M. Galery, agriculteur à Thorigné près Rennes, contenait 6^{cc},4 d'alcool par kilogramme; le maïs avait été extrait des silos le 16 novembre; la fermentation n'avait pas duré plus d'un mois.

Un échantillon de maïs fermenté qui nous avait été envoyé par M. Champion, propriétaire agriculteur à Feins (Ille-et-Vilaine), n'a fourni que 3^{cc},57 par kilogramme. Il avait été retiré le 13 février 1879 d'un silo entamé le 15 décembre précédent et qui avait été terminé le 23 octobre.

M. Barral a constaté que du maïs provenant d'un des silos de M. Goffart contenait 1^{cc},2 d'alcool par kilogramme.

3° Les fourrages fermentés contiennent de l'acide acétique d'une manière normale. On le retrouve dans les liquides de distillation où l'on recherche l'alcool. Ceux que l'on avait obtenus avec le maïs des flacons n° 1 et n° 2 où la fermentation s'était effectuée intégralement à l'abri de l'air, avaient une réaction nettement acide; cette acidité était due seulement à la présence de l'acide acétique. La proportion s'élevait à un demi-millième du poids de la matière

végétale. M. Duclaux a montré que cet acide se produit dans toutes les fermentations alcooliques; c'est un point de ressemblance entre les transformations produites par les globules de levûre et celles que font naître les cellules végétales privées d'oxygène.

M. Barral a également reconnu la présence de l'acide acétique dans les silos de M. Goffart. Dans trois d'entre eux, l'acidité évaluée en acide sulfurique s'est élevée par kilogramme de fourrage aux nombre 0gr,99 — 5gr,44 et 7gr,92.

Dans les échantillons de maïs de M. Galery et de M. Champion, la proportion d'acide a été, par kilogramme, 7gr,47 et 4gr,55.

Ces quantités sont supérieures à celles qui résultent d'une fermentation cellulaire pure; même souvent l'acide butyrique se trouve mélangé à l'acide acétique. C'est le résultat d'une fermentation étrangère.

Il importe actuellement de rechercher sur quels principes immédiats porte spécialement la perte constatée dans le poids du fourrage pendant la fermentation. Quels sont les matériaux qui fournissent les éléments nécessaires à la formation de l'acide carbonique, de l'alcool et de l'acide acétique?

Pour s'en rendre compte, il faut analyser comparativement le fourrage pris au moment de l'ensilage et le fourrage conservé en silo. C'est ce que j'ai cherché à faire dans les meilleures conditions possibles.

MM. Champion et Galery m'ont envoyé plusieurs tiges de maïs lors de l'ensilage; leur analyse a servi de terme de comparaison pour le maïs de leurs silos.

Un échantillon de maïs identique à celui qui a été introduit dans les flacons n° 1 et n° 2 a été analysé.

On a agi de la même manière pour le trèfle dont la fermentation s'est accomplie en flacon. J'ai déjà indiqué les précautions prises dans la préparation des échantillons pour rendre les résultats réellement comparables. C'est un point sur lequel on ne saurait trop insister.

Les procédés de dosage employés sont connus de tous les expérimentateurs; ils sont décrits, soit dans le Traité d'analyse de M. Grandeau, soit dans les *Annales de l'Institut agronomique*. Ils ont été appliqués dans les mêmes conditions aux divers échantillons.

Nous donnerons d'abord la composition en centièmes qui se rap-

PRINCIPES IMMÉDIATS DOSÉS.	MAIS DES TROIS CROIX.			MAIS DE M. CHAMPION.		MAIS DE M. GALERY.		TRÈFLE DES TROIS CROIX.	
	AVANT FERMENTATION.	FERMENTÉ EN FLACON.	FERMENTÉ ET ENVAHI PAR LES MOISISSURES.	AVANT FERMENTATION.	FERMENTÉ EN SILO.	AVANT FERMENTATION.	FERMENTÉ EN SILO.	AVANT FERMENTATION.	FERMENTÉ EN FLACON.
	N° 1.	N° 2.	N° 3.	N° 4.	N° 5.	N° 6.	N° 7.	N° 8.	N° 9.
Eau et matières volatiles à 100°.	79.120	82.377	85.740	80.788	83.470	79.270	83.470	70.420	77 480
Matières azotées.	2.465	2.279	1.945	2.741	1.548	1.958	1.672	4.810	4.311
Ammoniaque..	0.021	0.021	0.012	0.032	0.047	0.023	0.024	0.026	0.085
Glucose.......	2.064	0.146	0.430	2.089	0·264	1.832	0.714	0.474	0.458
Sucre.........	0.983	0.064	0.174	0.816	0.138	1.084	0.310	0.457	0.308
Amidon.......	4.302	3.945	2.374	3.219	3.184	3.089	2.845	4.230	1.477
Matières pectiques........	0.344	0.182	0.119	0.495	0.204	0.410	0.073	1.303	0.509
Cellulose......	6.337	6.064	4.959	5.033	4.459	4.644	4 547	8.015	7.296
Matières grasses.	0.099	0.153	0.063	0.121	0.210	0.110	0.255	0.241	0.377

porte à la matière prise dans l'état même où elle se trouvait, soit au moment de l'ensilage ou de la mise en flacon, soit à la sortie des silos ou des appareils. Nous rappellerons que les résultats que nous donnons ne représentent pas la composition moyenne des maïs ensilés en général, mais celle d'échantillons préparés d'une manière spéciale, principalement en ce qui concerne le maïs des Trois Croix.

De la comparaison des nombres inscrits au tableau précédent, on peut tirer quelques conséquences utiles :

1° La proportion des matières volatiles est plus forte dans le maïs fermenté, par conséquent le poids de la matière sèche, c'est-à-dire des substances réellement utilisables dans l'alimentation a subi une diminution. Ce fait ne doit pas étonner, puisque la perte que l'on constate pendant la fermentation porte sur les principes immédiats qui existaient primitivement dans le fourrage ; l'eau ne s'évapore qu'en quantité relativement faible ; de l'alcool prend naissance : circonstances qui tendent toutes à augmenter la proportion de l'eau et celle des matières volatiles.

2° Une légère diminution s'observe dans la teneur des fourrages en matières azotées. Elle reste faible dans les conditions normales. Cependant, elle paraît notable pour les échantillons n° 3 et n° 5. Mais on doit remarquer que le n° 3 a été envahi par les moisissures. Quant au n° 5, nous avons appris qu'il s'était produit, pendant sa conservation en silo, un fait déjà signalé par M. Goffart et qui est dû à un excès de pression des matériaux dont on se sert pour couvrir le maïs. Une certaine quantité de liquides était sortie de la masse du fourrage et s'était écoulée au dehors du silo. On reconnaît par là que l'on n'a pas intérêt à exagérer une pression qui peut faire perdre une partie des matières azotées existant dans le maïs.

Une légère augmentation dans la proportion de l'ammoniaque révèle un commencement d'altération des principes albuminoïdes.

L'ammoniaque extraite des fourrages fermentés possède l'odeur des ammoniaques composées.

3. La déperdition la plus considérable porte sur ces principes immédiats qu'on est convenu de désigner sous le terme général de *glucosides*. On l'observe d'une manière constante sur les substances pectiques, puis sur la glucose et le sucre, l'amidon et la cellulose. Suivant les cas, la principale perte porte tantôt sur le groupe glucose et sucre, tantôt sur le groupe amidon et cellulose.

Pour comparer ces diverses pertes aux poids de l'alcool et du gaz acide carbonique, il est nécessaire : 1° de connaître exactement le poids de la matière fermentée avant et après fermentation ; 2° la quantité de matières volatiles contenues dans le fourrage au moment de l'ensilage et à la sortie du silo.

Lorsque ces deux données manquent, on ne se trouve plus en présence de résultats exactement comparables. Il suffit en effet de prendre les échantillons de maïs n° 1 et n° 2, alors qu'ils contiennent la même quantité d'eau et qu'ils ont été partiellement desséchés pour être analysés, et de mettre en présence leur composition.

	Maïs non fermenté.	Maïs fermenté.
Eau	7.60	7.60
Matières azotées	10.91	11.95
Ammoniaque	0.091	0.128
Glucose	9.132	0.768
Sucre	4.351	0.337
Amidon	19.034	20.679
Cellulose	28.040	31.793
Matières grasses	0.440	0.800

Dans ces conditions, le maïs fermenté paraît plus riche en matières azotées, en amidon et en cellulose que le maïs frais, alors que réellement il y a eu perte en ces divers principes comme pour le sucre et la glucose. On s'explique facilement ce fait en remarquant que le poids de la matière sèche contenue dans le fourrage, à l'état naturel, varie entre 15 et 20 pour 100, et que les échantillons analysés sont presque secs. Lorsqu'on calcule la composition du fourrage à l'état naturel, une différence de 1 pour 100 seulement dans le taux de l'humidité ou dans le poids de matière sèche contenue dans les 100 kilogrammes, produit une erreur relative de 6 à 7 pour 100 sur chacun des nombres calculés.

Dans les ensilages en grand, il est presque impossible de déterminer la perte de matières survenue pendant la fermentation. On se trouve dans de meilleures conditions, lorsque la fermentation se produit à l'abri de l'air, dans des flacons semblables à ceux que nous avons employés pour le maïs et le trèfle. Dans ce dernier cas, on évite les transformations irrégulières et on peut calculer la composition du fourrage fermenté en prenant pour point de départ en poids initial de la matière végétale. C'est ce que nous avons fait pour les maïs n° 1 et n° 2 et pour le trèfle.

PRINCIPES IMMÉDIATS DOSÉS.	MAIS. AVANT FERMENTATION.	MAIS. FERMENTÉ.	MAIS. PERTE.	TRÈFLE. AVANT FERMENTATION.	TRÈFLE. FERMENTÉ.	TRÈFLE. PERTE.
	N° 1.	N° 2.		N° 8.	N° 9.	
Acide carbonique dégagé...		2.18			1.42	
Eau et matières volatiles à 100°....................	79.120	80.58		76 420	76.380	
Sur lesquelles, alcool......		1.342				
Matières azotées...........	2.465	2.232	0.233	4.810	4.249	0.561
Ammoniaque.............	0.021	0.024		0.026	0.083	
Glucose..................	2.064	0.143	1.921	0.474	0.452	0.022
Sucre....................	0.983	0.063	0.920	0.457	0.304	0.153
Amidon..................	4.302	3.863	0.439	4.230	1.456	2.774
Matières pectiques.........	0.344	0.178	0.166	1.303	0.501	0.802
Cellulose.................	6.337	5.939	0 398	8.015	7.191	0.824
Matières grasses...........	0.099	0.149		0.241	0.372	
Perte totale........			4.077			5.136

Pour les échantillons n° 1 et n° 2, sur un poids de fourrage vert de 100 kilogrammes, ce qui correspond à un poids de 20 ^{kil},88 de matières sèches utilisables, il se fait une déperdition de 3^{kil}, 844 sur les matières hydrocarbonées, et si on tient compte des principes protéiques, elle dépasse 4 kilogrammes, soit environ un cinquième de la masse alimentaire totale. Il en est à peu près de même pour le trèfle.

Seulement, comme l'a déjà fait remarquer M. Grandeau, la perte portant principalement sur les principes hydrocarbonés, cette fermentation en silo a pour effet d'élever la valeur du rapport du poids de la protéine à celui des glucosides et du ligneux, et d'augmenter la digestibilité du fourrage. On perd une partie des principes nutritifs les moins précieux, mais le résidu est plus complètement utilisable.

La perte de glucosides (3^{kil},844) est notablement supérieure au double du poids de l'acool produit (1^{kil},342) ; il n'en serait pas de même dans une fermentation alcoolique ordinaire.

De plus, la perte en sucre et glucose s'élève seulement à 2^{kil},831 ; il est donc certain que l'amidon et la cellulose ont pris part à ces transformations. Ce résultat ressort bien plus nettement encore de

la comparaison des analyses de trèfle; on voit en effet les diminutions dans les proportions de sucre et de glucose, former ensemble un poids 0 gr, 175, qui ne représente que les 12 centièmes de celui de l'acide carbonique dégagé.

Ces faits sont conformes à ceux que j'ai observés dans des expériences effectuées sur des fruits, en commun avec M. Bellamy.

Dans ces fermentations cellulaires, l'amidon et la cellulose se transforment en glucose pour subir ensuite les mêmes modifications que ce dernier principe. Dans de semblables phénomènes, on ne saurait se contenter de comparer aux poids de l'alcool et de l'acide carbonique, celui de la matière sucrée disparue. Il peut arriver, en effet, que dans un fruit vert, non parvenu à maturité, la proportion de sucre soit, après fermentation, supérieure à celle que le végétal contenait auparavant.

Des poires Belle-Bruxelles, cueillies le 1er juillet 1874, ont été mises en flacons au nombre de quatre. Elle pesaient ensemble 169 gr, 5. Après cessation de tout dégagement gazeux, elles ont été pesées le 29 décembre suivant : elles avaient perdu 9 gr, 5 de leur poids, et on avait recueilli 2274 centimètres cubes de gaz acide carbonique pesant 4 gr, 322; elles contenaient 2 gr, 84 d'alcool. La somme de ces deux derniers poids est seulement 7 gr, 162.

Des poires identiques aux précédentes avaient été analysées le 1er juillet. La composition des poires à l'entrée et à la sortie des flacons est la suivante :

	1er juillet.	27 décembre.
Eau	82.10	87.37
Glucose	2.58	0.00
Matières pouvant se transformer en glucose par ébullition avec les acides	3.39	2.14
Ligneux	2.85	2.23

Dans le poids de poire soumis à la fermentation, il n'y avait que 4 gr, 36 de glucose, quantité inférieure à la somme des poids de l'acide carbonique et de l'alcool produits.

Dans ce cas particulier toute la glucose a été détruite; il en est d'autres où elle n'a pas disparu complètement, et où la perte constatée est inférieure aux poids de l'alcool et de l'acide carbonique pris ensemble.

Le 25 juin 1874, 13 petites pommes de locard encore vertes, pesant ensemble 209 gr, 5 ont été enfermées dans un flacon muni d'un tube abducteur se rendant sous le mercure. Le 15 juillet suivant, après dégagement de 1827 centimètres cubes de gaz, pesant 3 gr, 599, elles ont été retirées du flacon, on y a dosé l'alcool et le sucre et on est arrivé au résultat suivant :

	Glucose.
	grammes.
Avant fermentation	8.275
Après fermentation	4.161
Perte de glucose	4.114
Alcool et acide carbonique ensemble..	7.177

Pour des groseilles à grappes encore vertes, la proportion des matières sucrées a augmenté pendant la fermentation ; d'abord égale à 0,83 pour 100, elle est devenue égale à 1,25 pour 100. Des résultats analogues aux précédents pourraient être cités pour les fruits arrivés à complète maturité.

En résumé, le poids du gaz acide carbonique produit est plus fort que celui de l'alcool ; la perte en matière sucrée est tantôt supérieure, tantôt inférieure à la somme des poids de l'acide carbonique et de l'alcool. Ces différences s'expliquent par les modifications subies par l'amidon, la cellulose et les matières pectiques. En supposant que ces derniers principes immédiats se transforment en glucose et que celle-ci serve à produire seule l'alcool et l'acide carbonique qui prennent naissance, le poids des substances sucrées qui se trouvent ainsi détruites est plus élevé qu'il ne le serait dans une fermentation alcoolique ordinaire.

Comparaison des proportions de matières grasses contenues dans un même fourrage avant et après fermentation.

Il nous reste à parler des poids de matières grasses contenus dans les fourrages fermentés et dans ceux qui ne le sont pas. Dans tous les échantillons analysés, excepté dans celui où se sont développées des moisissures, on a constaté, après fermentation, une augmentation dans la proportion des matières grasses brutes, même en tenant compte des pertes de poids subies par le fourrage.

Nous avons vu combien cette dernière condition est importante quand il s'agit de formuler une conséquence rigoureuse.

Tel maïs fermenté pourrait être plus riche eu matière grasse qu'il ne l'était avant d'être mis en silo, sans qu'on pût en conclure exactement à une production de matière grasse pendant la fermentation. Il est indispensable de tenir compte des pertes subies par le fourrage, et des quantités d'eau qu'il contient au début et à la fin de l'ensilage.

Les nombres qui se trouvent inscrits dans les tableaux précédents, se rapportent aux matières grasses brutes qu'on obtient en épuisant par le sulfure de carbone pur le fourrage complètement desséché. Ils ont été obtenus en inscrivant le poids du résidu de l'évaporation du sulfure de carbone. Dans ce résidu se trouvent de la cire, des matières grasses et de la chlorophylle. Or, il est un fait qui ne saurait échapper à ceux qui dosent comparativement les matières grasses dans une substance végétale, avant et après fermentation. Dans ce dernier cas, les matières grasses séparées sont beaucoup plus colorées; il en résulte qu'elles contiennent un poids plus élevé de matières étrangères.

Il nous a paru indispensable de rechercher si l'augmentation de poids du résidu était due seulement à un accroissement dans celui des impuretés. Or, les procédés de dosage des matières grasses sont incomplets; on ne sait pas séparer la chlorophylle de la cire et des matières grasses proprement dites.

On a parlé de l'emploi du noir animal en poudre pour décolorer les matières grasses souillées par la chlorophylle; mais cet emploi a un inconvénient grave avec lequel il faut compter.

Pour enlever la chlorophylle enlevée par le sulfure de carbone à 10 grammes de fourrage, il faut au moins 2 grammes de noir animal en poudre; or cette substance ne peut séjourner au contact d'une solution de matière grasse dans le sulfure de carbone sans en retenir une proportion notable. La perte augmente avec la quantité de noir employée.

	grammes.
Matière grasse dissoute dans 50 cent. cubes de sulfure de carbone.	0.119
Après contact de 2 grammes de noir, résidu....................	0.101
— de 4 — —	0.083

La perte varie avec la quantité de matière grasse; elle augmente

avec cette dernière jusqu'à un certain degré à partir duquel elle reste constante :

Huile traitée par 2 gr. de noir.	Résidu.	Perte.
grammes.	grammes.	grammes.
0.028	0.004	0.024
0.050	0.018	0.032
0.078	0.043	0.035
0.108	0.070	0.038
0.167	0.128	0.039

Dans tous ces essais, la matière grasse était dissoute dans 50 centimètres cubes de sulfure de carbone; on laissait le contact subsister pendant un temps constant; on filtrait la dissolution, et on lavait le noir et le filtre avec un volume de sulfure de carbone égal à 20 centimètres cubes.

La perte n'est pas la même pour toutes les matières grasses. Voici les nombres qui ont été fournis par le suif :

Poids de suif.	Résidu.	Perte.
grammes.	grammes.	grammes.
0.036	0.010	0.026
0.068	0.029	0.039
0.112	0.060	0.052
0.200	0.140	0.060

Avec la cire, la perte est plus faible pour des poids égaux de substance traités :

Poids de cire.	Résidu.	Perte.
grammes.	grammes.	grammes.
0.025	0.016	0.009
0.051	0.034	0.017
0.106	0.072	0.034
0.151	0.112	0.039
0.206	0.156	0.050

Il est certain que l'état physique du noir, son degré de finesse, la température à laquelle il a été calciné ne seront pas sans influence sur le résultat.

On ne saurait donc, sans des précautions spéciales, employer du

noir pour décolorer une solution contenant de petites quantités de matières grasses. Si l'on avait à traiter par le sulfure de carbone une graine oléagineuse ou toute autre matière riche en huile, la perte serait négligeable; mais il n'en est pas de même quand le poids de matière grasse que l'on doit peser ne dépasse pas un petit nombre de décigrammes; l'erreur relative devient trop forte. D'un autre côté, on ne peut méconnaître que pour les fourrages verts de la nature du maïs et du trèfle, les matières étrangères, chlorophylle et autres, ne se trouvent en proportion notable dans le résidu de l'évaporation du sulfure de carbone.

Pour chercher à améliorer les résultats obtenus, nous avons préparé un échantillon de noir homogène et nous avons mesuré l'action d'un poids constant de ce noir (2 grammes) sur diverses matières, huile, suif et cire. C'est ainsi que nous avons obtenu les résultats précédemment cités.

A l'aide de ces nombres nous avons établi des formules qui permettent de remonter du poids obtenu pour le résidu, au poids de la matière grasse sur laquelle on a fait agir le noir. Ces formules ne peuvent être employées que dans les limites mêmes des nombres qui ont servi à en calculer les coefficients.

En désignant par y le poids de la matière grasse traitée, par a le résidu provenant de l'action de 2 grammes de noir, on arrive aux formules suivantes :

N° 1 pour l'huile.......... $y = 22,14 + 1,48\,a - 0,0041\,a^2$,
N° 2 pour le suif.......... $y = 18,08 + 1,83\,a - 0,0038\,a^2$,
N° 3 pour la cire.......... $y = 1,71\,a - 0,0023\,a^2$.

Ceci fait, nous avons épuisé par le sulfure de carbone 10 grammes de chacun des échantillons de fourrage; la solution a été évaporée. Le résidu, pesé après dessiccation, a été redissous dans 50 centimètres cubes de sulfure de carbone; on a traité la solution par 2 grammes de noir dans les mêmes conditions que les essais primitifs. La solution décolorée a été filtrée, et après lavage du noir et du filtre avec 20 centimètres cubes de sulfure de carbone, on a fait évaporer la liqueur et pesé le nouveau résidu obtenu. Dans tous les cas, la perte surpassait celle qu'on aurait observée sur un poids égal de matière grasse pure.

En appliquant les formules précédentes aux résultats de ces

doubles essais, chacune d'elles conduisait, comme on devait s'y attendre, à des nombres différents. Seulement, on pouvait ainsi juger des limites extrêmes entre lesquelles devaient se placer les nombres réels, en supposant que l'on se trouvât en présence de mélanges de diverses matières grasses, de cire et chlorophylle. Voici les indications auxquelles conduisent ces formules :

DÉSIGNATION DES FOURRAGES.	RÉSIDU PRIMITIF.	RÉSIDU après action DU NOIR.	NOMBRES CALCULÉS PAR LA FORMULE		
			N° 1.	N° 2.	N° 3.
	milligr.	millig.			
Maïs des Trois Croix non fermenté............	44.0	13.0	40.7	41.2	22.0
Id. fermenté.......	77.0	25.0	56.6	61.4	41.3
Maïs de M. Champion..	58.0	16.5	45.5	47.2	27.6
Id. fermenté.......	113.0	41.0	75.9	86.7	66.2
Maïs de M. Galery......	49.0	15.0	43.0	44.7	25.2
Id. fermenté.......	140.0	59.0	95.2	112.9	93.0
Trèfle des Trois Croix...	97.5	44.0	79.3	91.2	70.8
Id. fermenté........	144.0	72.0	107.4	130.0	111.2

Quelles que soient les variations existant d'une colonne à l'autre, on peut constater ces résultats constants, à savoir : 1° les matières grasses brutes subissent une diminution beaucoup plus forte pour les fourrages fermentés que pour les autres ; 2° malgré cette diminution plus forte, l'application des trois formules donne pour les fourrages ensilés un poids de matières grassses plus élevé.

En présence de ces résultats, il devenait nécessaire d'extraire du maïs une certaine quantité de matières grasses et de mesurer l'action du même noir sur ces substances préalablement décolorées. Nous avons été ainsi conduits à la formule suivante :

$$y = 2{,}003\ a - 0{,}005\ a^2.$$

Nous l'avons appliquée aux poids de résidus déjà trouvés. Voici les résultats du calcul :

DÉSIGNATION DES FOURRAGES.	RÉSIDU PRIMITIF.	RÉSIDU APRÈS ACTION du noir.	POIDS RÉEL.	MATIÈRES ÉTRANGÈRES.
	milligr.	milligr.	milligr.	milligr.
Maïs des Trois Croix.....	44.0	13.0	25.2	19.8
Id. fermenté.........	77.0	25.0	47.0	30.0
Maïs de M. Champion.....	58.0	16.5	32.1	26.9
Id. fermenté........	113.0	41.0	73.6	39.4
Maïs de M. Galery.......	49.0	15.0	29.0	20.0
Id. fermenté....	14.0	59.0	101.0	39.0
Trèfle des Trois Croix....	97.5	44.0	78.3	19.2
Id. fermenté.........	144.0	72.0	118.0	26.0

Ces résultats qui ne présentent rien d'anormal sont intermédiaires entre ceux que fourniraient séparément le suif et la cire. Ils conduisent pour chacun des échantillons aux proportions suivantes de matières grasses :

DÉSIGNATION DES ÉCHANTILLONS.	PROPORTION POUR 100 DE MATIÈRES GRASSES BRUTES.	PROPORTION POUR 100 DE MATIÈRES GRASSES PURIFIÉES.
Maïs des Trois Croix........	0.099	0.057
Id. fermenté...........	0.149	0.091
Maïs de M. Champion........	0.121	0.060
Id. fermenté...........	0.210	0.137
Maïs de M. Galery..........	0.110	0.062
Id. fermenté...........	0.255	0.184
Trèfle des Trois Croix......	0.241	0.201
Id. fermenté............	0.372	0.305

Quelque faibles que soient, en valeur absolue, les proportions de matières grasses ainsi réduites, les différences précédemment con-

statées se maintiennent et le fourrage fermenté donne à l'analyse un résultat plus élevé que celui qu'on obtient avec le même fourrage pris à l'état naturel.

Cette question a une importance spéciale au point de vue des transformations dont les cellules végétales sont le siège. Aussi avons-nous cru devoir vérifier ces premiers résultats sur des végétaux différents. Nous avons choisi le colza, plante oléagineuse, et nous avons opéré sur la graine en la prenant au moment où on coupe la plante pour lui laisser achever en tas sa maturation.

Le 28 juin 1880, nous avons introduit dans un flacon 300 grammes de graines que nous avons extraites des siliques. D'abord vertes, elles avaient pris pour la plupart, après 12 heures d'exposition à l'air, une teinte brune. Le flacon a été muni d'un tube de verre et fermé hermétiquement. Le dégagement de gaz s'est effectué immédiatement et a continué jusqu'au 7 octobre, date à laquelle le flacon a été ouvert. Les graines dont la surface était sèche au moment de leur introduction dans le flacon étaient complètement mouillées au point d'être adhérentes entre elles et aux parois du flacon. La perte de poids pendant la fermentation s'est élevée à 3gr,35.

On a déterminé la proportion d'eau contenue dans la graine au moment de la fermeture et de l'ouverture du flacon :

	Matière sèche.
28 juin, graine non fermentée	55.26 p. 100
7 octobre, graine fermentée	54,01 —

En tenant compte de la perte de poids par fermentation, on trouve que 100 grammes de matière mise en flacon contenaient à sa sortie 53gr,407 de matière sèche.

Les proportions de matières grasses trouvées sont les suivantes :

	Graine sèche.	Graine à l'état naturel.
Avant fermentation	43,40 p. 100	23,98 p. 100
Après fermentation	45.92 —	24,53 —

Le dosage a été effectué sur 5 grammes de graine. L'huile obtenue avait une coloration vert brunâtre.

En résumé, les matières grasses, loin d'être détruites pendant la fermentation cellulaire et la conservation des fourrages en silo, comme le sont les principes sucrés et amylacés, se conservent intactes et même subissent un accroissement. L'augmentation est faible puisqu'elle varie de 0gr,34 à 5gr,5 par kilogramme de substance

végétale; mais on l'observe dans tous les cas. Ces matières grasses dont il est ici question sont constituées par ce mélange de substances diverses que les fourrages abandonnent au sulfure de carbone et on ne saurait dire si ces mélanges ont la même constitution avant et après fermentation.

Nous croyons donc utile de continuer et d'étendre ces expériences en prenant toutes les précautions indispensables à une démonstration rigoureuse.

Dans une fermentation alcoolique ordinaire, des cellules végétales se développent aux dépens des matériaux de la liqueur fermentescible. Il y a destruction de sucre, production d'acide carbonique et d'alcool, et en même temps, il se forme de la matière grasse comme dans tous les phénomènes de végétation. Dans le cas de la fermentation cellulaire, la matière grasse produite apparaît comme le résidu de la combustion qui s'effectue dans les cellules; combustion qui s'opère à l'abri de l'air, à l'aide de dédoublements que nous ne connaissons pas encore et aux dépens de l'oxygène des matières sucrées et amylacées. Il n'y a pas production de cellules végétales nouvelles comme dans une fermentation alcoolique normale. Cependant ces transformations ne seraient-elles pas la continuation de celles qui s'opèrent normalement dans les végétaux pendant leur vie aérienne?

NOTA. — Appareil destiné à l'évaporation de solutions de matières grasses dans le sulfure de carbone ou l'éther.

Dans les divers essais que j'ai effectués sur le dosage des matières grasses, il m'est arrivé d'avoir à évaporer simultanément plusieurs dissolutions dans le sulfure de carbone, dans le but de peser ensuite le résidu. La liqueur à évaporer était introduite dans un vase de Bohème taré. Après disparition du dissolvant et dessiccation à 100 degrés, la pesée du résidu s'effectue facilement.

Seulement ces évaporations sont toujours désagréables; elles peuvent même être dangereuses quand on ne dispose pas d'un tirage suffisant. Je me suis servi d'un appareil qui m'a donné de bons résultats en me permettant d'évaporer en même temps plusieurs solutions et de recueillir le liquide employé comme dissolvant.

Cet appareil consiste en un vase cylindrique en zinc à fond plat de 21 centimètres de rayon et de 11 centimètres de profondeur; il est plongé dans une marmite en fonte contenant de l'eau et il est muni sur son pourtour d'un rebord formant couvercle; une patte fixe le cylindre à la marmite.

Sur le pourtour supérieur du rebord on a soudé une galerie annulaire de 15 millimètres de largeur dans laquelle peut s'engager le bord inférieur d'un chapiteau cylindrique ayant 22 centimètres 1/2 de diamètre et 23 centimètres de hauteur. Ce chapiteau est fermé par un fond en forme de dôme que l'on a soudé à 10 centimètres au-dessous du bord supérieur; on a ménagé ainsi au-dessus du dôme une caisse cylindrique dans laquelle on fait circuler un courant d'eau continu.

Un tuyau conique a été adapté à la paroi latérale du chapiteau; il conduit au dehors le liquide qui se condense au contact de la paroi froide du dôme supérieur et qui est reçu par une galerie intérieure légèrement inclinée vers le tuyau de sortie.

Au tube de dégagement, on adapte une allonge en verre recourbée à son extrémité et communiquant avec un serpentin en verre entouré d'eau froide. Celle-ci ne s'échauffe jamais. La condensation s'effectue régulièrement au contact de la paroi froide du dôme, la liqueur retombe dans la galerie intérieure pour s'écouler goutte à goutte à l'extrémité de l'allonge.

Pour intercepter la communication entre l'intérieur de l'appareil et l'extérieur, on verse dans la galerie annulaire une couche de glycérine qui forme une fermeture hydraulique autour du rebord du chapiteau.

Il suffit de laisser monter l'eau du bain-marie à 75 degrés et de la maintenir constante à cette température à l'aide d'un régulateur d'Arsonval; l'évaporation s'effectue régulièrement, sans ébullition jusqu'à dessication complète. On peut placer à la fois six vases de Bohême dans un appareil construit avec les dimensions précédentes. Quand il ne coule plus de liquide à l'extrémité de l'allonge, l'évaporation est terminée; on éteint le gâz, on enlève le chapiteau et on peut ensuite porter les vases de Bohême à l'étuve pour terminer la dessiccation de la matière.

ÉTUDE SUR LES TOURTEAUX DE COTON

Par ALFRED RENOUARD fils.

Depuis quelques années, le tourteau de coton semble prendre en France une place considérable parmi les produits destinés à l'alimentation des bestiaux. L'importation de ce produit, qui était nulle ou presque nulle avant 1872, et qui figure seulement à partir de cette époque dans les tableaux publiés par l'administration des douanes, atteint aujourd'hui un total assez élevé.

Voici quelle a été cette importation dans ces dernières années :

IMPORTATION DE TOURTEAUX DE COTON EN FRANCE (COMMERCE SPÉCIAL).

ANNÉES.	PAYS DE PROVENANCE.			TOTAUX.
	ITALIE.	ÉGYPTE.	AUTRES PAYS.	
	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
1872	73.352	»	14.500	87.852
1873	1.850	1 161.564	»	1.163.414
1874	31.750	605.435	»	637.185
1875	»	34.238	»	34.238
1876	»	»	4.824	4.824
1877	3.000	»	1.041	4.041
1878	16.153	»	100	16.253
1879	»	651.304	7.731	659.035
1880	»	»	»	446.467

On a en outre créé, à Marseille et à Rouen, des huileries importantes exclusivement destinées au broyage de la graine de cotonnier : le tourteau qui en provient est en grande partie consommé en France ; une faible fraction est exportée en Angleterre, l'huile verte et inodore obtenue est avantageusement employée par les peintres, les fabricants de vernis et les savonneries. Aussi l'importation des *graines* de coton est-elle bien autrement considérable, que celle des *tourteaux* proprements dits, ainsi qu'on peut le voir par le tableau suivant :

IMPORTATION DES GRAINES DE COTONNIER EN FRANCE.

PAYS DE PROVENANCE.	1872	1873	1874	1875	1876	1877	1878	1879	1880
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Italie............	2.277.641	4.840.286	2.611.353	3.531.616	2.035.589	1.052.221	1.227.245	720.354	»
Turquie.........	8.096.938	10.902.356	7.938.448	5.074.729	8.997.518	8.489.034	2.576.008	480.145	»
Egypte..........	4.028.310	19.179.845	20.005.581	8.811.795	7.142.162	16.097.232	7.848.074	10.461.973	»
Iles de l'Océanie..	»	»	»	»	»	»	»	80.000	»
Etats-Unis.......	»	»	»	»	»	»	»	160.000	»
Autres pays......	1.386.113	1.357.001	1.164.498	1.052.988	1.856.578	798.704	433.917	35.984	»
Total.......	15.789.012	36.360.488	31.719.880	18.481.128	20.031.847	26.437.191	12.084.244	11.941.456	21.588.362

Il est à remarquer que, pour les années les plus récentes, c'est l'Égypte qui fournit à la France la majeure partie des graines qu'elle emploie, l'Italie vient ensuite; les États-Unis, qui tiennent certainement le premier rang parmi les pays producteurs de coton, n'en ont exporté qu'une petite quantité dans ces derniers temps et préfèrent employer cette graine pour leur propre consommation.

L'Angleterre étant à peu près le seul pays qui nous prive d'une partie de nos tourteaux de coton, nous croyons devoir relater les chiffres qui représentent l'exportation :

EXPORTATION DES TOURTEAUX DE COTON, DE FRANCE

ANNÉES.	PAYS DE DESTINATION.		
	ANGLETERRE.	AUTRES PAYS.	TOTAUX.
	kil.	kil.	kil.
1872	1.653.065	10.000	1.663.065
1873	2.664.065	135.000	2.799.065
1874	8.468.850	6.200	8.475.050
1875	8.167.975	578	8.168.553
1876	4.136.750	15.424	4.152.174
1877	5.603.350	42.785	5.646.135
1878	1.944.000	55.639	1.999.639
1879	3.456.750	7.641	3.464.391
1880	»	»	2.704.807

Bien que nos envois de tourteaux de coton en Angleterre diminuent, comme ou le voit, d'année en année, il est remarquable de constater, en faisant la comparaison avec les chiffres cités plus haut, représentant la quantité entrée en France, que, durant certaines années, nous avons presque exclusivement fabriqué pour le compte des Iles britanniques.

En employant aujourd'hui sur une plus grande échelle le tourteau de coton, l'agriculture française ne fait donc qu'imiter ce qui se pratique en Angleterre depuis nombre d'années. Nous avons voulu nous rendre compte de ce qu'était véritablement la consommation anglaise, en consultant les tableaux qui représentent l'importation des tourteaux et des graines de cotonnier dans la Grande-Bretagne.

Malheureusement, l'administration du *Statistical office* a, depuis 1870 seulement, fait tout le contraire de ce qui s'est pratiqué en France, et compris sous une même rubrique *tous* les tourteaux et graines oléagineuses d'origine étrangère. Quoique nos recherches se soient arrêtées de 1870 à 1880, nous croyons cependant intéressant de publier les tableaux que nous avons relevés parmi les documents publiés chaque année en Angleterre, étant donné ce fait, que les chiffres qui représentent les envois de l'Égypte et des États-Unis comprennent presque exclusivemens les produits dérivés du coton.

Voici le tableau qui représente les importations de tourteaux.

IMPORTATION DE TOURTEAUX EN ANGLETERRE.

PAYS DE PROVENANCE.	TOURTEAUX de coton seuls.	TOURTEAUX DE COTON ET TOURTEAUX D'AUTRES GRAINES OLÉAGINEUSES.									
	1870	1871	1872	1873	1874	1875	1876	1877	1878	1879	1880
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Russie.........	»	6710	8471	7906	8077	9811	14890	13365	14240	12929	11451
Norvége	»	3005	2360	2959	3430	2465	1695	4107	3868	3439	2673
France.........	4435	39644	27101	16964	30518	42092	24858	21077	19483	15787	12051
Égypte	1531	2086	1927	794	3435	2356	4015	3498	1676	1177	1152
États Unis	12092	93620	78347	95336	101913	112007	137164	114480	155159	178876	211503
Autres contrées.	1359	17739	16094	14234	10315	11048	7659	7079	6899	4976	5168
Total....	19417	162804	134300	138103	157718	180379	190281	163606	201325	217184	243998

Il est à remarquer qu'il sagit ici de tonnes anglaises de 1015 kilogrammes. L'Angleterre en 1870, importait donc 19 708 255 kilogrammes de tourteaux de coton, tandis qu'en France nous n'en importions pour ainsi dire pas.

Pendant le même temps l'importation des graines a été de :

IMPORTATION DE GRAINES OLÉAGINEUSES EN ANGLETERRE.

PAYS de PROVENANCE.	GRAINES de cotonniers seuls.	GRAINES DE COTONNIERS ET AUTRES GRAINES OLÉAGINEUSES.									
	1870	1871	1872	1873	1874	1875	1876	1877	1878	1879	1880
	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.	tonnes.
Turquie........	1160	1181	964	1160	1676	1576	3421	8577	5642	1944	621
Égypte.........	111881	157176	157271	196038	182929	194625	219844	246457	155321	166749	220338
États-Unis.....	2081	6660	2799	2491	2731	2579	2915	5480	9209	6580	5741
Autres contrées.	5182	7146	6870	6449	3255	3425	3936	4105	2547	3893	3731
Total....	120304	172163	167904	207038	190591	202205	230116	264619	172719	179166	230431

En Angleterre, l'huile de graine de cotonnier est non seulement un produit industriel, mais encore elle sert pour la table et elle est souvent employée en remplacement des huiles d'olive et d'œillette qu'elle sert parfois à falsifier.

Traitement de la graine de cotonnier. — Fabrication du tourteau de coton.

La graine du cotonnier est renfermée dans une capsule ovoïde à 3 ou 5 sillons longitudinaux : chaque sillon, divisé en 3 ou 5 loges, contient un nombre de semences très variable. Elle est longue de 5 a 6 millimètres environ, et constituée par une amande huileuse, d'un blanc verdâtre, assez agréable au goût, entourée d'une enveloppe épaisse, noire à la surface et brune à l'intérieur. Autour d'elle adhère un duvet blanc plus ou moins long, qui n'est autre que le coton.

L'opération qui consiste à séparer le duvet de la graine constitue l'*égrenage*. Cet égrenage a une importance capitale : le tourteau qui provient d'une graine mal nettoyée est en effet complètement déprécié, et le coton plus ou moins bien égrené acquiert une plus-value ou subit une dépréciation de 15 à 25 pour 100.

Longtemps on a égrené le coton à la main, mais aujourd'hui on ne se sert plus que d'*égreneuses* mécaniques. Les machines à égrener classiques sont de deux sortes : celles à rouleaux, dites « roller-gins » et celles à scies dites « saw-gins ».

Le *roller-gin* se compose principalement de deux cylindres de petite dimension, superposés, l'un en bois, l'autre en fer, dont les axes horizontaux sont dans un même plan vertical. Ces rouleaux tournent en sens opposés et sont maintenus l'un contre l'autre au moyen de vis de pression. Au moment de leur rotation, les graines chargées de duvet sont placées contre leur surface, à la hauteur des génératrices qui se touchent : elles ne peuvent passer au travers des rouleaux en raison de la grosseur de leur diamètre, mais le coton qui les entoure est entraîné. Elles se trouvent alors rapidement nettoyées, le coton est recueilli d'un côté, les graines de l'autre.

Le *saw-gin* est fondé sur un principe différent. Il se compose d'une trémie disposée en avant d'une grille fixe, sous laquelle est un cylindre muni de disques dentés en fer suffisamment rappro-

chés. A chaque révolution du cylindre, les dents des disques, passant au travers des barreaux de la grille, vont saisir le coton à égrener étendu sur la trémie. Les fibres sont alors entraînées et les graines rapidement nettoyées. Une brosse cylindrique, qui tourne dans le même sens que les disques, mais d'une vitesse supérieure à la leur, en détache le duvet petit à petit.

Tous les constructeurs des machines à égrener le coton ont pris pour modèle les appareils dont nous venons de parler, qu'ils ont modifiés plus ou moins heureusement, ou qu'ils se sont même contentés d'accoupler. Ces constructeurs sont en France : MM. Chaufourier et François Durand; en Angleterre : MM. Mac Carthy, Platt, Dobson et Barlow; en Italie : M. Manganello; en Amérique : MM. Wanklyn et Dunlop.

L'opération de l'égrenage est connue depuis un temps immémorial, mais l'utilisation de la graine pour l'extraction de l'huile est de date relativement récente. Il n'y a pas vingt ans qu'aux États-Unis les graines du cotonnier étaient encore considérées comme déchet; on les accumulait près des plantations où elles formaient à la longue d'immenses monticules, qui pourrissaient bientôt sans aucun profit pour le planteur. Ce n'est que lorsqu'on commença à utiliser ces graines pourries comme engrais, qu'on leur donna une certaine valeur.

Les Anglais sont les premiers qui ont songé à extraire l'huile de la graine. En 1785, un prix fut proposé dans ce but par la Société d'encouragement de Londres. Un sieur Germiny, de Marseille, y répondit en envoyant à l'exposition, qui eut lieu cette année à Édimbourg, un échantillon d' « huile de coton ». En raison de la nouveauté du fait, il fut récompensé, mais le résultat obtenu ne parut pas assez brillant pour permettre de donner suite aux premiers essais : l'opération avait consisté tout simplement à soumettre la graine sommairement nettoyée à un pressage énergique, et il est bien évident que l'absorption d'une partie des liquides gras par les cosses et les filaments devait porter préjudice au rendement définitif.

Ce fut seulement en 1840 ,en Angleterre, et en 1856 aux États-Unis, qu'on commença quelques essais d'extraction de l'huile dans les usines du pays. Mais l'installation définitive d'huileries spécialement destinées au broyage de la graine de coton ne date que de 1860 pour ces deux pays; en France, comme nous l'avons dit,

des établissements de ce genre n'ont guère été créés que depuis 7 ou 8 ans.

Aujourd'hui que les plantations de cotonniers ont pris dans les pays chauds une extension considérable, il est bon nombre de planteurs qui cultivent spécialement cet arbuste, non plus pour le duvet, mais pour sa graine. En règle générale, le coton *en pierre*, c'est-à-dire non égrené, contient 75 pour 100 de cette graine, et il n'est pas étonnant qu'au prix dérisoire auquel se vendent aujourd'hui certaines variétés de coton courte soie, les pays qui les produisent ne trouvent meilleur profit dans l'extraction de l'huile et la fabrication du tourteau.

Nous croyons nécessaire de dire quelques mots de la manière dont on récolte la graine et le coton avant de procéder à l'égrenage.

Aux États-Unis, la récolte se fait pendant les mois d'octobre et de novembre; en Égypte, pendant le mois de septembre. A l'époque de la maturité, les gousses commencent à s'ouvrir, le coton s'échappe en grande partie de la silique et cède à la main sans aucune espèce d'effort.

Ce sont ordinairement des femmes accompagnées d'enfants qui sont chargées de la cueillette. Elles prennent le coton avec la main et le placent dans un sac en toile suspendu à leur cou : elles ont soin de ne pas le tasser, de peur d'écraser les graines qui sont encore à l'état laiteux et de tacher le duvet.

La récolte dure longtemps, car les gousses ne s'ouvrent que petit à petit. Elles repassent donc dans le plant tous les quatre jours ou tous les huit jours, selon la température qui hâte plus ou moins la maturité, en ayant soin de ne jamais ramasser le coton tombé et sali par la terre. Tout le soin à apporter dans la récolte consiste à préserver le duvet des corps qui peuvent altérer sa blancheur, se feutrer avec lui et produire du déchet, ou même des débris qui, sans avoir d'action directe sur la fibre, nécessitent ultérieurement des travaux longs et dispendieux pour l'en débarrasser.

Chaque fois qu'un sac est plein, on le vide sur un drap étendu à l'extrémité du plant. On peut laisser le duvet la nuit, mais comme il s'abîmerait s'il était enlevé humide, on ne doit le retirer qu'au milieu du jour, alors que le soleil l'a complètement desséché.

Le coton est alors transporté à la ferme, et étendu dans des locaux abrités, sur des claies en roseau ou en bambou. Ses pires ennemis sont l'humidité et les rats; l'humidité, non seulement

tache le coton, mais encore échauffe les graines au point de provoquer des incendies spontanés ; les rats, très friands de la graine fraîche, causent parfois dans les masses en dessiccation des ravages considérables.

On s'aperçoit que le coton est sec lorsque les graines, mises sous la dent, ne cèdent plus et craquent légèrement. C'est alors qu'on peut *égrener*, comme nous l'avons expliqué plus haut. On a alors ce qu'on appelle dans le commerce du coton en *laine*.

Les graines destinées à l'exportation sont expédiées dans des sacs en jute pesant en moyenne 92 livres anglaises. D'après les derniers règlements édictés par la marine marchande anglaise, on ne peut plus aujourd'hui transporter ces denrées en vrac, et on est dans l'obligation de les ensacher. Le voyage étant assez long et la température souvent élevée, le premier soin à prendre, dès leur arrivée dans les huileries, est de les retirer des sacs et de les étaler avec des pelles de bois dans des hangars bien aérés. On les remue de temps en temps et on les change souvent de place, en ayant soin de constater qu'il ne s'y produise aucun échauffement.

En règle générale, les premières graines qui arrivent des pays de production sont toujours les moins bonnes, parce que ce sont souvent les moins mûres. Elles sont plus aqueuses, l'amande en est plus verte et moins dure, on les débarrasse difficilement à l'égrenage du duvet qui les entoure, et elles s'écrasent ultérieurement dans les décortiqueurs : elles donnent enfin une huile de moindre qualité, contenant une forte quantité d'eau et de matière résineuse, très chargée en mucilage, par suite difficile à clarifier et rancissant avec la plus grande facilité.

La fabrication proprement dite du tourteau de coton ne diffère pas sensiblement de celle des autres produits du même genre ; elle comprend les opérations classiques : 1° du nettoyage, 2° du broyage, et 3° du pressage.

Le *nettoyage* consiste à passer les graines au tarare. Comme on a remarqué que, dans les sacs, il s'est trouvé parfois des clous, on promène dans la masse un fort aimant pour les attirer.

Le *broyage* se fait ordinairement à l'aide de cylindres cannelés en fonte tournant en sens inverse et surmontés d'une trémie qui leur débite la graine reçue du tarare. La poudre qui en résulte passe ensuite sur une paire de meules en granit montées sur un essieu commun et tournant sur une meule dormante ; elle donne

une pâte que l'on soumet, dans des chauffoirs à palettes où elle est remuée constamment, à une température assez douce (à la vapeur ou au bain-marie), mais suffisante pour coaguler l'albumine qui s'opposerait à la clarification de l'huile. Finalement, la pâte est mise dans des étreindelles ou scourtins que l'on porte sous les presses.

Le *pressage* se fait à l'aide de presses à vis ou à coins, ou de machines hydrauliques. Les presses à vis sont en fer ou en bois, elles ne sont employées que dans les petites huileries, et elles produisent ordinairement peu d'effet. Les presses à coins sont celles en usage dans tous les moulins à vent des environs de Lille, elles sont très simples, à bon marché, et donnent de bons résultats. Les presses hydrauliques sont les seules qui soient employées dans les grandes huileries.

En Angleterre, où l'on se sert exclusivement de presses hydrauliques pour la fabrication du tourteau de coton, on arrive à donner sur l'étreindelle une pression de 8500 livres par pouce carré. Pour que la température y soit bien maintenue au sortir des chauffoirs, ces presses sont entourées de tuyaux de vapeur en jeu d'orgue. Souvent on ne donne au tourteau qu'une seule pression, en arrivant immédiatement au maximum, et en la maintenant durant vingt minutes, mais parfois aussi on presse trois fois. Par la première pression, dite *froissage*, on retire la majeure partie de l'huile: puis on broie à nouveau le tourteau en y ajoutant 5 pour 100 d'eau, on passe la poudre dans un séchoir à vapeur, et on donne une seconde pression, dite *rebat*, qui permet encore d'obtenir une certaine quantité d'huile; la troisième pression sert à retirer ce qui reste. Les tourteaux ne contiennent plus alors que 9 à 10 pour 100 d'huile.

A cet état, on les rogne sur les angles à l'aide d'une serpette, on coupe le haut et le bas, puis on les porte au séchoir où chacun d'eux repose sur un cadre de bois spécial. Ils sont alors mous et friables, mais lorsqu'on les a laissés se ressuyer pendant une vingtaine de jours, ils deviennent extrêmement durs et bons pour la vente.

Tourteaux de coton du commerce.

Les tourteaux de coton fabriqués en France sont ordinairement carrés; ils ont environ 1 demi-centimètre d'épaisseur et 35 centimètres de côté; ils pèsent $2^{kil},400$.

Dans le commerce français, on en distingue trois qualités :

1° Les tourteaux de coton *cotonneux*, ainsi nommés parce qu'ils renferment beaucoup de débris de coton, et qui sont divisés en cotonneux de Catane qui sont les plus estimés, et en cotonneux de Syrie qui contiennent une plus grande quantité de filaments ;

2° Les tourteaux de coton *bruts*, dits du Levant ou d'Alexandrie, parce qu'ils sont ordinairement fabriqués avec des grains d'Égypte, et qui ne renferment pas de débris de coton ;

3° Les tourteaux de coton *épurés*, fabriqués surtout à Marseille, qui ne sont autres que des tourteaux bruts débarrassés d'une partie de leurs coques.

Dans le commerce anglais, on ne connaît que les tourteaux bruts, et les tourteaux qui proviennent de graines *décortiquées*, ces derniers inconnus en France.

Nous allons examiner ces différentes variétés.

Tourteaux de coton cotonneux. — Ces tourteaux sont faciles à reconnaître à leur couleur brun foncé et à leur cassure granuleuse, dans laquelle on remarque une quantité considérable de fibres de coton. Ils proviennent, ou de graines avariées que l'on n'a pu dépouiller de leur duvet, ou de graines mal égrenées.

Les deux analyses suivantes représentent la composition des deux espèces de tourteaux cotonneux du commerce.

	Tourteau cotonneux de Catane.	Tourteau cotonneux de Syrie.
Eau	8.4	7.4
Huile	5.2	6.92
Matières organiques	79.81	80.33
Sels ou cendres	6.59	5.28
	100.»	100.»
Azote	3.23	2.86
Acide phosphorique	2.02	1.12

Le tourteau cotonneux n'est guère employé que dans le Midi pour la fumure des terres. Il ne saurait être avantageusement donné aux bestiaux, non pas seulement parce qu'il est pauvre en azote, ce qui ne suffit pas toujours pour en déprécier la valeur (témoin le tourteau de lin), mais surtout à cause des nombreux filaments de coton indigestibles qu'il renferme : l'autopsie, en effet, a souvent révélé, chez des animaux morts étouffés, l'obstruction de l'intestin par des boules de coton. La présence de ces fibres ne

pouvait évidemment avoir d'autre origine que le mode de nourriture de ces bestiaux.

Les tourteaux cotonneux employés dans le Midi viennent exclusivement d'Italie, ceux que l'on voit quelquefois dans le Nord nous sont envoyés par l'Angleterre, qui les reçoit de la Turquie et ne les emploie pas.

Bien que ces tourteaux aient peu de valeur, on trouve moyen de les falsifier quelquefois au moyen de substances terreuses.

Tourteaux de coton brut. — Le tourteau de coton brut a une couleur verdâtre lorsqu'il est récent, mais il brunit en vieillissant; il présente dans sa contexture une grande quantité de débris noirâtres et testacés de l'épisperme. Contrairement au précédent, il est uniquement employé pour la nourriture des animaux.

En France, on le réduit ordinairement en petits morceaux, à l'aide d'un concasseur, et on le donne aux bêtes à cornes par rations de 1 1/2 à 2 kilogrammes par jour, en mélange avec des pulpes de pommes de terre, des betteraves, des drèches et des résidus de distillerie; ou bien, on le mélange avec le foin ou la paille hachés, mais en ayant soin de faire macérer le tout ensemble pendant 12 heures. Jamais on ne le donne aux porcs, les résultats obtenus avec ces animaux étant des plus contradictoires. En Angleterre, on l'emploie surtout, en même temps que le fourrage vert, pour les bêtes à cornes et les chevaux. En somme, ce tourteau est très estimé, car il donne de bons résultats sans être d'un prix très élevé (12 à 14 francs les 100 kilogrammes).

Un Américain, M. Max Lagan, l'a substitué aux États-Unis au tourteau de lin, et dit en avoir obtenu des résultats à peu près identiques : c'est évidemment lui donner une valeur exagérée, mais il faut se rappeler que dans ce pays le lin n'est guère cultivé et que, par suite, le tourteau doit en être d'un prix très élevé.

En règle générale, les tourteaux fabriqués en France valent mieux que les tourteaux fabriqués à l'étranger. Un grand nombre de ceux-ci sont des produits de rebut ou fabriqués avec des graines nettoyées dans de mauvaises conditions. Il n'y a pas bien longtemps que certains fabricants en Amérique traitaient les graines par l'acide sulfurique, pour les dépouiller de leurs brins filamenteux : il est évident qu'un produit fabriqué dans ces conditions doit être nuisible aux bêtes.

Parfois, certains cultivateurs ont cru remarquer que les animaux

auxquels on donnait des tourteaux de coton étaient pris de toux assez fréquente. En remontant à l'origine, on s'est aperçu que cet inconvénient provenait de ce que les tourteaux, fabriqués au moyen d'étreindelles en crin, en retenaient toujours quelques menus brins autour d'eux. C'est la raison pour laquelle un grand nombre de fabricants ne se servent plus que d'étreindelles en tôle cotelée ou en bois. Les étreindelles en crin sont en outre généralement munies d'une poignée rivée; les rivets, qui sont en cuivre, s'oxydent rapidement au contact de l'huile, ce qui peut amener des inconvénients sérieux.

Il ne faut jamais faire bouillir le tourteau de coton qu'on doit donner aux animaux, car la cuisson y développe une huile essentielle qui en éloigne les bestiaux.

Voici la composition du tourteau de coton brut :

Eau	10.98
Huile	6.09
Matières organiques	77.03
Sels ou cendres	6
	100.»
Azote	4.03
Acide phosphorique	2.07

Comme on le voit, ce tourteau est réellement plus riche que le précédent en éléments utiles.

Tourteaux de coton épuré. — Ce tourteau, fabriqué principalement à Marseille, n'est autre que le précédent, débarrassé sommairement après le concassage des graines, d'une certaine quantité de coques et de matières inertes; il est jaune, parsemé de nombreux débris de couleur foncée.

Les bêtes à cornes en sont plus friandes que du précédent. Il favorise l'engraissement, mais surtout la production lactée. Il résulte de diverses expériences récemment entreprises dans diverses grandes fermes du Nord, entre autres à celle dirigée par la Société agricole du mont des Cats, où l'on nourrit un grand nombre de vaches laitières et où on se livre en grand à la fabrication des fromages, qu'on devrait sous ce rapport lui donner la préférence sur tout autre tourteau, même sur celui de colza, jusqu'ici le plus estimé en vue de la production du lait. Il aurait même sur ce dernier l'avantage de ne jamais échauffer les animaux et de ne commu-

niquer aucun goût ni au lait, ni au fromage. Ce résultat est à considérer : les cultivateurs qui nourrissent des vaches laitières ont ainsi à leur disposition un fourrage d'hiver à composition constante, qui leur permet d'établir, pour un temps assez long et sur des bases certaines, leurs calculs de rations.

Voici la composition de ce tourteau analysé récemment.

Eau	11.26
Huile	4.80
Matières organiques	78.76
Sels ou cendres	5.28
	100.»
Azote	4.43
Acide phosphorique	1.96

Tourteaux de coton décortiqué. — Ce tourteau est complètement jaune. Comme nous l'avons dit, on ne le fabrique qu'en Angleterre et aux États-Unis. Sa fabrication diffère un peu de celle des autres tourteaux. Les coques et les amandes, brisées par les décortiqueurs, sont dirigées à la sortie de ces appareils sur une machine soufflante qui les sépare les uns des autres. Les amandes sont alors recueillies à part et portées au moulin à broyer ; elles passent de là au travers de cylindres lamineurs qui les réduisent en farine, puis vont au « chauffoirs » et sont ensuite placées dans les étreindelles qu'on porte sous la presse. On s'assure d'avance que la pulvérisation est complète si, en mettant un peu de farine sous la dent, on ne sent aucune granulation. Quant aux coques, elles sont ordinairement vendues pour la fabrication du papier.

Voici la composition de l'un de ces tourteaux qui nous a été envoyé d'Angleterre :

Eau	9.52
Huile	11.58
Matières organiques	73.27
Cendres	6.63
	100.»
Acide phosphorique	2.85
Azote	7.64

Comme on le voit, ce tourteau est le plus riche de tous.

Le pressage ne s'en fait *à chaud* que si l'on veut en obtenir de l'huile pour l'industrie, mais il se fait quelquefois *à froid* lorsqu'on

se propose d'obtenir de l'huile vierge pour la table; le travail est alors beaucoup plus long et le rendement moins important. Aux États-Unis, la plupart des huiles de table proviennent du pressage à froid de parties égales de farine de sésame et de coton; avec la margarine de coton, résidu de la fabrication, on fabrique aussi un beurre artificiel très estimé. — Les deux analyses suivantes, dues au D[r] Vœlker, permettent d'établir une comparaison entre la composition du tourteau décortiqué pressé à froid (1)et du même tourteau pressé à chaud (2) :

	(1)	(2)
Eau	9.08	9.28
Huile	19.34	26.05
Matières organiques	64.2	66.62
Sels ou cendres	7.38	3.05
	100.»	100.»
Azote	6.93	6.58

Ces deux analyses diffèrent un peu de la précédente; néanmoins, comme on le voit, le titre en azote est toujours beaucoup plus élevé que dans tous les autres tourteaux de coton.

Par les lignes qui précèdent nous avons voulu, non seulement attirer l'attention sur un produit utile et généralement trop peu connu de l'agriculture, mais encore signaler les différences très sensibles qui existent entre les diverses variétés commerciales de tourteaux de coton. Ces différences expliquent les appréciations très diverses que les chimistes ont parfois faites de ce tourteau, aussi n'est-il plus permis aujourd'hui de l'apprécier, sans joindre à son nom le *qualificatif* qui correspond à son degré d'épuration.

PRAIRIES NATURELLES DU BASSIN DE LA SAONE

Par M. A. BOITEL.

I

Etendue des prairies, prés communaux et vaine pature.

Dans une étude précédente insérée aux *Annales*, nous avons décrit les prairies et les irrigations des Vosges; nous allons examiner un pays essentiellement différent, le bassin de la Saône et de ses principaux affluents. Les prairies des Vosges, à peu de choses près,

ont été créées et conquises par la main de l'homme sur des surfaces incultes et improductives. C'est à force de travail, et par le judicieux emploi des eaux courantes, qu'on a obtenu en abondance de l'herbe et du foin sur un sol qui semblait n'avoir aucune aptitude pour ce genre de production : la vallée de la Saône et les vallées secondaires qui en dépendent, offrent au contraire de vastes prairies qui sont l'œuvre exclusive de la nature. Elle se sont formées sans l'intervention de l'homme, grâce à la fertilité du sol, à sa situation par rapport aux cours d'eau et aux fréquents colmatages qui résultent du débordement des rivières.

Nous sommes ici en présence de l'un des plus beaux groupes de prairies naturelles qui existent sur le territoire français. Pour en retrouver d'analogues, il faut se transporter dans la vallée de la Moselle et mieux encore dans celle de la Meuse. On y voit, comme sur les deux rives de la Saône, d'immenses prairies qui règnent exclusivement sur toute l'étendue des vallées.

Cherchons à nous rendre compte approximativement de la surface totale des prairies qui font l'objet de la présente étude.

Négligeons les parties les plus élevées et les plus étroites des vallées où la prairie ne peut pas avoir une très grande place, et ne prenons seulement pour la Saône que les parties où la vallée a une largeur moyenne de 5 kilomètres, et pour ses affluents celles où les vallées offrent une largeur moyenne de 2 kilomètres. De Trévoux à Gray nous avons une vallée de 200 kilomètres de longueur sur 5 kilomètres de largeur, ce qui constitue une vaste prairie continue d'une surface de 100 000 hectares. Les douze affluents de la Saône (le Surgeon, l'Oignon, le Doubs, la Scille, la Reysousse, la Veyle, la Chalaronne, la Vingeanne, la Tille, l'Ouche, la Dheune et la Grosne) n'ont pas moins de 500 kilomètres de longueur, correspondant à une largeur moyenne de 2 kilomètres; c'est encore, de ce chef, 100 000 hectares de prairies naturelles.

Personne ne nous contredira quand nous soutiendrons que les prés de la Saône jouissent de la rivière la plus constante et la plus gracieuse par la limpidité et l'abondance de ses eaux. Jamais, au plus fort de l'été, et par les plus longues sécheresses, vous ne voyez la Saône laissant apparaître le long de son parcours des sables nus et desséchés comme le font la Loire et tant d'autres rivières. Son débit est d'une régularité exceptionnelle. Elle coule, *incredibili lenitate*, comme le dit M. Levasseur, dans la géographie de la

France, en rappelant les propres expressions de Jules César.

L'hiver, il lui arrive souvent de s'étendre majestueusement sur toute la surface de la vallée, baignant et colmatant les prairies de ses deux rives et formant de grands lacs entre les deux lignes de coteaux qui délimitent la vallée. Ce sont ces débordements fréquents et pour ainsi dire périodiques, qui sont cause que la vallée tout entière est maintenue constamment à l'état de prairie naturelle. Il ne viendrait à l'esprit de personne d'y tenter d'autres cultures qui seraient infailliblement ravinées et détruites par les inondations de la rivière. C'est là ce qui distingue spécialement cette vallée de celle du Rhône, de la Loire, de la Seine et de la Garonne, où la prairie naturelle cède la place à d'autres cultures, ces vallées n'étant submersibles que dans des circonstances très rares et tout-à-fait exceptionnelles.

Ces inondations de la Saône se font également sentir dans les vallées secondaires de ses affluents, notamment dans les parties les plus basses et les plus larges de ces vallées. Ce sont là des conditions hydrographiques qu'il n'est au pouvoir de personne de modifier et qui imposent une destination invariable aux 200 000 hectares de prairies du bassin de la Saône. Elles resteront à tout jamais à l'état de prairies naturelles, plus ou moins productives, suivant les soins dont elles seront l'objet. Il n'y a pas lieu de s'affliger de la situation de ces terrains, les prairies naturelles rapportant généralement plus que les autres cultures.

Dans l'état actuel des choses, ces prairies sont loin de donner tout ce qu'elles pourraient produire par une exploitation plus soignée et mieux entendue. Une assez forte partie de ces prairies sont communales et livrées à la dépaissance des troupeaux communaux.

Il en est de ces prairies comme de tous les terrains communaux; tout le monde en abuse, et personne ne songe à les ménager et encore moins à les améliorer. On y met trois fois plus d'animaux que la prairie ne pourrait en nourrir. Sur un communal d'une trentaine d'hectares, on lâche 200 à 300 bêtes à cornes avec 40 ou 50 chevaux. Cette troupe affamée y est conduite constamment, qu'il y ait de l'herbe ou qu'il n'y en ait pas, et quel que soit l'état du sol et de la température. Par les temps pluvieux, les bêtes défoncent le pré et y détruisent les meilleures espèces de graminées et de légumineux. Si quelques endroits souffrent d'un excès d'humidité,

personne ne se soucie de les assainir et de les niveler. Pendant la saison des pâturages, l'herbe est si rase et si tondue qu'il semblerait que les animaux dussent y mourir de faim. C'est ce qui arriverait, si le bétail communal ne trouvait pas, à sa rentrée à l'étable, une pitance supplémentaire, la maigre pâture du communal étant loin de suffire à son alimentation journalière. En somme, chaque habitant de la commune tire un bien mince profit d'une prairie si négligée et livrée ainsi au bétail communal, sans aucune règle et sans aucune mesure préservatrice. Ces mêmes terrains deviendraient au contraire des prairies d'une grande valeur, s'ils étaient loués ou vendus à des particuliers qui les exploiteraient au mieux de leurs intérêts.

Au reste, dans cette même région, beaucoup de prairies privées souffrent en partie des mêmes abus que les prés communaux. Ce sont celles qui après la première coupe sont soumisàla vaine pâture et sont livrés, sans aucune restriction, à la dépaissance du troupeau communal. Aussitôt la première coupe enlevée, le bétail communal s'en empare, rongeant les herbes jusqu'à la racine, piétinant le pré par les temps humides, détruisant les bonnes plantes et produisant toutes sortes de ravages qui ont pour effet de nuire à l'abondance et à la qualité des récoltes suivantes.

Les propriétaires astreints à une telle servitude ne jouissent pas véritablement des prairies dont ils possèdent les titres de propriété. En effet, qui ne comprend qu'il est impossible de clore, d'assainir, du fumer et d'arroser des prairies soumises à la vaine pâture?

On est dès lors condamné à n'en retirer qu'un faible produit quels que soient la fécondité du sol et les travaux d'amélioration qu'on voudrait y appliquer. Il n'y a qu'un moyen de remédier à cet état de choses, c'est de racheter cette servitude auprès de la commune qui jouit de cette vaine pâture. Les propriétaires les mieux avisés ne manquent pas d'effectuer ce rachat quand il est possible sans de trop grands sacrifices. Ce n'est pas trop de faire l'abandon du quart de la propriété pour avoir le droit sur les trois autres quarts, de mettre à exécution les améliorations commandées par les circonstances. Une prairie ainsi affranchie de la dent meurtrière du troupeau communal acquiert bien vite une plus grande valeur par suite des facilités qu'elle offre pour augmenter son rendement et pour améliorer la nature de l'herbe et des foins; de plus, on en

retire un regain ou un pâturage dont sont toujours privés les prés soumis à la vaine pâture.

Une autre abus à signaler à propos des prés communaux et des prés privés soumis à la vaine pâture, c'est la présence d'un trop grand nombre de chevaux et de poulains dans les troupeaux communaux. Dans les pays où l'on a grand soin des herbages, le cheval est considéré comme un animal malfaisant pour la pâture, on n'en met jamais que deux ou trois pour une trentaine de bêtes à cornes. Réduit à cette faible proportion le cheval se borne à manger le refus des bêtes à cornes. Dans ce cas, il ne fait pas de mal à l'herbage; au contraire, il le nettoie et provoque la repousse de l'herbe dans des endroits délaissés par les bœufs ou par les vaches. Il agit autrement quand on l'associe en trop grand nombre aux bêtes à cornes, sur un pâturage où il n'y a rien à brouter; il pince l'herbe énergiquement, il arrache et déracine les meilleures espèces de la prairie. C'est un fait certain que le cheval détruit les bonnes espèces et laisse croître, au contraire, les plus mauvaises telles que les joncs, les laiches et les renoncules, toutes plantes auxquelles il ne touche pas et qui sont fortement enracinées dans le sol.

Les difficultés que les servitudes communales opposent à l'amélioration des grandes prairies de la Saône expliquent l'abandon dont elles sont l'objet et l'insouciance des exploitants pour ce genre de propriété. Dans cette région, on ne rencontre de bonnes prairies et de beaux herbages que chez les particuliers qui, affranchis de la servitude de la vaine pâture, ont pu clôturer leurs prés, les entretenir avec soin, y favoriser les bonnes plantes à l'exclusion des mauvaises espèces, et les fertiliser par tous les moyens dont ils ont disposé. Les meilleures prairies du bassin de la Saône, je les ai trouvées dans la vallée de la Grosne. Cette vallée devient magnifique et comparable à celle de la Saône à partir de Cluny jusqu'au point où elle rencontre celle de la Saône à quelques kilomètres sous Châlon. La rivière qui l'arrose coule au milieu des terrains jurassiques. Il en est résulté des alluvions argilo-calcaires, aptes à produire des herbes de première qualité, soit qu'on les convertisse en foin, soit qu'on les fasse consommer sur place par des animaux d'élevage ou d'engraissement. Remarquons, en passant, que les meilleurs herbages de la France dérivent d'alluvions d'origine crétacée ou jurassique. Ce fait se vérifie parfaitement pour les herbages du Charollais, du Nivernais, de la vallée de Germigny, dans le Cher, et de la vallée

d'Auge, en Normandie. Le calcaire semble être un élément nécessaire pour rendre nutritives et substantielles les plantes mangées par le bétail.

Les mêmes plantes venues sur un sol privé de calcaire, sur les terres siliceuses de la Sologne, des Vosges, et des landes de Gascogne, ou sur les terrains granitiques du Morvan, de la Bretagne et de la Corrèze sont loin d'avoir les mêmes qualités nutritives au point de vue de l'alimentation du bétail. Aussi les pays calcaires se livrent-ils indifféremment à l'herbage ou à l'engraissement du bétail tandis que les régions non calcaires s'adonnent forcément à l'élevage des races les plus rustiques et les moins exigeantes. Ce bassin de la Saône donne lieu à des observations analogues; dans la zone des affluents de la rive gauche, notamment de ceux qui viennent de la Bresse et des Dombes croissent des foins et des pâturages maigres qui conviennent à l'élevage des animaux; ceux de la rive droite, qui coulent au milieu des formations jurassiques, produisent au contraire des herbes substantielles, telles qu'il en faut pour faire des animaux de boucherie.

La conclusion à tirer de tout ce qui précède; c est que, parmi les prairies de la Saône et de ses affluents, il en est qui sont excellentes, grâce à la nature du sol et à leur mode d'exploitation, d'autres sont peu productives, malgré les bonnes qualités du sol, par suite des abus de la vaine pâture, d'autres enfin sont médiocres par l'absence de calcaire dans le sol et dans les eaux qui servent à les immerger et à les colmater.

Il me reste maintenant à étudier sur place ces diverses prairies telles qu'elles se présentent dans les centres principaux où j'ai recueilli mes observations aux époques les plus favorables à ce genre d'examens.

II

Prairies de la vallée de la Grosne.

Je commence par cette vallée, qui est l'une des plus belles et des plus importantes parmi celles qui dépendent du bassin de la Saône. Arrêtons-nous d'abord au moulin de la Vèvre, non loin de Châlon, devant un herbage de 60 hectares, en sol d'alluvions argilo-calcaires de consistance moyenne. Le terrain est submergé et colmaté

pendant l'hiver par les fortes crues de la rivière. On y engraisse par hectare deux vaches de moyenne taille, charolaises ou auvergnates. En juin 1881 l'herbage était composé des espèces suivantes :

GRAMINÉES. 5/10	Paturin des prés	*Poa pratensis.*	
	Dactyle	*Dactylis glomerata.*	
	Houlque laineuse	*Holcus lanatus.*	
	Fétuque des prés	*Festuca pratensis.*	
	Crételle	*Cynosurus cristatus.*	
	Ray-grass	*Lolium perenne.*	
	Vulpin des prés	*Alopecurus pratensis.*	
	Vulpin à vessie	*Alopecurus utriculatus.*	
	Brome à grappe	*Bromus racemosus.*	
	Agrostis commune	*Agrostis vulgaris.*	
	Avoine élevée	*Avena elatior.*	
LÉGUMINEUSES. 4/10	Trèfle blanc	*Trifolium repens*	3/10
	Trèfle des prés	*Trifolium pratense*	1/10
	Lotier corniculé	*Lotus corniculatus*	
PLANTES DIVERSES. 1/10	Chardon des champs	*Cirsium arvense*	
	Renoncule	*Ranunculus acris*	
	Jacée	*Centaurea jacea*	
	Chrysanthème	*Chrysanthemum-leucanthemum.*	
	Jonc	*Juncus acutiflorus.*	

Les graminées sont dominantes, et les légumineuses y existent en bonne proportion. Parmi celles-ci on remarque la prédominance du trèfle blanc qu'on retrouve toujours en grande abondance dans les meilleurs herbages de la France; les plantes diverses ne salissent pas sensiblement l'herbage; les chardons sont faciles à extraire. Quant aux joncs, ils paraissent dans les années humides pour disparaître dans les années sèches. C'est le contraire pour les chardons, ils s'en vont par les années humides, et reviennent dans la période des sécheresses. Il reste donc peu à faire pour que cet herbage offre une composition parfaite, réunissant l'abondance à la bonne qualité de l'herbe.

Une partie de cet herbage, laissée pour être fauchée sur une surface de 3 hectares, offre la meilleure composition que j'ai jamais rencontrée. En raison de la grande fertilité du sol, les graminées étaient fortes et vigoureuses et représentaient les 9/10 de la masse, les légumineuses seulement 1/20, et les plantes diverses 1/20. Parmi les graminées, le paturin des prés formait à lui seul les 5/10 de la masse, et les autres graminées 4/10. Voici la formule de cette prairie :

GRAMINÉES. 9/10	Paturin des prés	*Poa pratensis*	5/10
	Cretelle	*Cynosurus cristatus*	1/10
	Vulpin des prés	*Alopecurus pratensis*	3/10
	Ray-grass	*Lolium perenne*	
	Flouve	*Anthoxanthum odoratum*	
	Houlque laineuse	*Holcus lanatus*	
	Fromental	*Avena elatior*	
	Agrostis commune	*Agrostis vulgaris*	
LÉGUMINEUSES. 1/20	Trèfle blanc	*Trifolium repens.*	
	Trèfle des prés	*Trifolium pratense.*	
	Lotier corniculé	*Lotus corniculatus.*	
PLANTES DIVERSES. 1/20	Renoncule	*Ranunculus acris.*	
	Jacée	*Centaurea jacea.*	

Les graminées avaient un mètre de hauteur. Le rendement en foin sec a dû atteindre 7 à 8000 kilogrammes par hectare. Quand les graminées prennent un développement aussi considérable, elles s'opposent au développement des autres plantes. C'est pour cette raison que les légumineuses et les plantes diverses occupent si peu de place dans cette prairie.

Il est rare de trouver tant de paturin des prés dans une prairie. On devrait profiter de cette bonne fortune pour avoir une forte provision de graines de première qualité. Le fermier de ce pré avait l'intention, pour créer une nouvelle prairie, d'acheter sa semence chez un marchand grainetier. Quand je lui ai démontré qu'il ne trouverait nulle part une aussi bonne semence que la sienne, il s'est ravisé et s'est décidé à laisser mûrir une vingtaine d'ares de sa bonne prairie. En mélangeant à cette graine quelques kilogrammes de trèfle, savoir : 3 kilogrammes de trèfle blanc et 6 kilogrammes de trèfle des prés par hectare, on obtiendra, à peu de frais, une graine de première qualité dont les espèces équivalentes, achetées chez un grainetier, auraient occasionné une dépense d'une certaine importance.

L'abondance de la prairie en question s'explique par son voisinage de la ferme, ce qui a permis d'y accumuler les fumures, par sa position et son niveau, eu égard à la rivière qui la colmate pendant l'hiver, et par un mode d'exploitation qui est le pâturage des animaux à l'engrais. Ce sol, fortement azoté par l'accumulation successive des déjections animales était apte à fournir une végétation exubérante de graminées.

Allons à quelques pas de là, dans la même vallée de la Grosne, dans un endroit qu'on appelle le Moulin neuf. Nous avons affaire

aux mêmes alluvions, argilo-calcaires suffisamment perméables, mais le terrain est un mètre plus haut que le précédent, il est rarement inondé, rarement fumé et le pré est fauché tous les ans.

L'herbe est de bonne qualité, mais peu abondante : la première coupe, en 1881, n'a pas donné plus de 2000 kilogrammes de foin à l'hectare. Voici sa composition :

GRAMINÉES 3/10	Paturin commun	*Poa trivialis.*	
	Vulpin des prés	*Alopecurus pratensis.*	
	Brome à grappe	*Bromus racemosus.*	
	Ray-grass	*Lolium perenne.*	
	Flouve odorante	*Anthoxanthum odoratum.*	
	Crételle	*Cynosurus cristatus.*	
	Fétuque des prés	*Festuca pratensis.*	
	Agrostis commune	*Agrostis vulgaris.*	
LÉGUMINEUSES. 6/10	Lotier corniculé	*Lotus corniculatus*	3/10
	Petit Trèfle jaune	*Trifolium filiforme*	5/20
	Trèfle des prés	*Trifolium pratense*	1/20
PLANTES DIVERSES. 1/10	Chrysanthème	*Chrysanthemum leucanthemum.*	1/20
	Jacée	*Centaurea jacea.*	1/20
	Fleur de coucou	*Lychnis flos cuculli*	
	Croisette	*Galium cruciata*	
	Oseille	*Rumex acetosa*	
	Hypochéride	*Hypochœris radicata*	

Cette prairie n'est pas abondante quand le printemps est froid et sec. C'est le cas de l'année 1881. Le foin est d'une finesse extrême, et sera mangé avec avidité par le bétail, à cause des légumineuses qui y sont abondantes et dont les animaux sont encore plus friands que des graminées.

Les deux prairies précédentes sont clôturées et bien entretenues et non sujettes à la vaine pâture. Celles que nous allons décrire n'ont plus les mêmes qualités ; elles souffrent soit d'un excès d'humidité, soit du manque d'eau et surtout du manque de fumure.

En voici une, située en contre-bas du bief d'un moulin : on a négligé de reprendre par une rigole d'assainissement les eaux qui suintent à travers la digue de ce bief.

On y observe les espèces suivantes :

GRAMINÉES. 2/10	Vulpin des prés	*Alopecurus pratensis.*
	Fétuque des prés	*Festuca pratensis.*
	Paturin commun	*Poa trivialis.*
	Flouve	*Anthoxanthum odoratum.*
	Agrostis commune	*Agrostis vulgaris.*

LÉGUMINEUSES. 1/10	Trèfle blanc	*Trifolium repens.*
LAICHES. 5/10	Carex jaunâtre	*Carex vulpina.*
PLANTES DIVERSES. 2/10	Renoncule	*Ranunculus acris.*
	Fleur de coucou	*Lychnis flos cuculli.*
	Silaüs des prés	*Silaus pratensis.*
	Jacée	*Centaurea jacea.*
	Myosotis des marais	*Myosotis palustris.*
	Cresson fleuri	*Cardamine pratensis.*
	Populage	*Caltha palustris.*

Les laiches forment la moitié de la masse du foin. C'est par conséquent une herbe de qualité inférieure qui se transformera et deviendra bonne, dès que ce terrain sera convenablement assaini.

A peu de distance de là, une autre prairie, plus élevée par rapport au cours d'eau, présente la composition suivante bien supérieure à la précédente.

GRAMINÉES. 3/10	Paturin commun	*Poa trivialis.*
	Ray-grass	*Lolium perenne.*
	Vulpin des prés	*Alopecurus pratensis.*
	Cretelle	*Cynosurus cristatus.*
	Flouve	*Anthoxanthum odoratum.*
	Agrostis commune	*Agrostis vulgaris.*
	Fétuque des prés	*Festuca pratensis.*
LÉGUMINEUSES. 3/10	Lotier	*Lotus corniculatus.*
	Petit trèfle jaune	*Trifolium filiforme.*
	Trèfle des prés	*Trifolium pratense.*
	Trèfle blanc	*Trifolium repens.*
	Vesce des haies	*Vicia sepium.*
PLANTES DIVERSES. 4/10	Renoncule	*Ranunculus acris.*
	Plantain lancéolé	*Plantago lanceolata.*
	Chrysanthème	*Chrysanthemum leucanthemum.*
	Jacée	*Centaurea jacea.*
	Oseille	*Rumex acetosa.*
	Silaüs des prés	*Silaus pratensis.*

La prairie est insubmersible, en sol siliceux de moyenne qualité. La première coupe doit rendre environ 2500 kilogrammes de foin par hectare. Si ce pré était fumé ou arrosé, on arriverait facilement à un rendement de 5000 kilogrammes de foin. La récolte serait doublée par une amélioration qui ne serait pas d'un prix élevé. Passons à d'autres grandes prairies de la Grosne, soumises à tous les abus de la vaine pâture après la première coupe.

Un grand pré de la Grosne, à la hauteur de la Ferté, était ainsi composé en juin 1881 :

GRAMINÉES. 1/10	Flouve	*Anthoxanthum odoratum.*	
	Brome à grappe	*Bromus racemosus.*	
	Vulpin des prés	*Alopecurus pratensis.*	
	Cretelle	*Cynosurus cristatus.*	
	Paturin commun	*Poa trivialis.*	
	Ray-grass	*Lolium perenne.*	
LÉGUMINEUSES. 8/10	Petit trèfle jaune	*Trifolium filiforme*	7/10
	Lotier corniculé	*Lotus corniculatus*	1/10
	Trèfle blanc	*Trifolium repens*	
	Trèfle des prés	*Trifolium pratense*	
PLANTES DIVERSES. 1/10	Chrysanthème	*Chrysanthemum leucanthemum.*	
	Jacobée	*Senecio Jacobæa.*	
	Silaüs des prés	*Silaus pratensis.*	
	Hypocheride	*Hypochæris radicala.*	
	Fleur de coucou	*Lychnis flos cuculi.*	
	Brunelle commune	*Brunella vulgaris.*	
	Oseille	*Rumex acetosa.*	
	Cresson fleuri	*Cardamine pratensis.*	

Cette herbe n'est pas de mauvaise qualité, mais elle est claire et peu abondante, le troupeau communal détériore gravement cette prairie. Par les années humides le piétinement des animaux détruit les bonnes espèces. La plante dominante en 1881 est le petit trèfle jaune, plante annuelle dont la graine se conserve dans le terrain d'une année à une autre, et sert à regarnir la surface quand les espèces vivaces disparaissent par une cause quelconque. Malheureusement ce petit trèfle fournit peu, et une prairie ainsi constituée ne rend pas plus de 1000 kilogrammes de foin par hectare ; c'est le 1/5 d'une bonne récolte telle qu'on serait en droit de l'obtenir dans des alluvions de bonne nature et bien disposées pour jouir du bienfait des irrigations.

III

Prairies de la Saône.

Descendons la vallée de la Grosne jusqu'à sa jonction avec celle de la Saône. On se trouve là en présence d'une immense prairie ; ces prés de Saône s'étendent à perte de vue, c'est à croire que tout le pays est en prairie. On voit là des villages entourés d'une magnifique ceinture de prés dont les uns sont des prés de fauche, et les

autres des pâturages communaux ras et rongés par des centaines de vaches et de chevaux qui broutent l'herbe plus vite qu'elle ne pousse. Ce mode abusif d'exploitation sur un sol éminemment riche et propre à la production de l'herbe fait regretter qu'on tire un aussi mauvais parti de ces terrains ; ce serait une source de richesse pour le pays, si cette propriété communale était vendue ou affermée au profit de la commune. Tout près de la Saône, au port d'Ouroux, commune de Marnay, l'analyse d'une très grande prairie de fauche m'a donné la composition suivante :

GRAMINÉES. 2/10	Fétuque des prés	*Festuca pratensis.*	
	Paturin commun	*Poa trivialis.*	
	Vulpin des prés	*Alopecurus pratensis.*	
	Ray-grass	*Lolium perenne.*	
LÉGUMINEUSES. 5/10	Lotier	*Lotus corniculatus*	3/10
	Trèfle blanc	*Trifolium repens*	2/10
	Trèfle des prés	*Trifolium pratense*	1/10
PLANTES DIVERSES. 3/10	Jacée	*Centaurea jacea.*	2/10
	Chrysanthème	*Chrysanthemum leucanthemum.*	1/10
	Silaüs des prés	*en faible quantité.*	
	Renoncule	*en faible quantité.*	

C'est une prairie élevée par rapport à la rivière. On voit près de là, au même niveau, des champs cultivés, entre la prairie et la rivière, ce qui indique que ces surfaces sont rarement submergées par la rivière.

La prédominance de la jacée et des chrysanthèmes est également l'indice d'un sol sec, perméable et rarement humide. Cette grande et belle prairie n'est l'objet d'aucun soin particulier, on n'y aperçoit aucune clôture ni aucun travail d'amélioration. Très morcelée et soumise à la vaine pâture après la première coupe, personne ne s'occupe de la niveler dans les parties peu unies, ni de l'arroser quand elle souffre de la sécheresse et du manque d'humidité.

En 1881 elle a à peine rendu 2000 kilogrammes de foin par hectare. Ce n'est pas la moitié d'une récolte normale, telle qu'on pourrait l'obtenir dans des terrains de cette nature, et si bien placés pour être arrosés.

Ici l'homme n'intervient en rien dans la production de la prairie. C'est la rivière et la température qui font l'abondance ou la pénurie de la récolte. Si la rivière déborde en hiver, et si le printemps est chaud et humide, le foin est abondant et de bonne qualité. Le col-

matage d'hiver vient-il à manquer; le printemps est-il froid et sec; le troupeau communal a-t-il détérioré les prairies par les temps humides de l'automne : dès lors la récolte est mauvaise et peu productive pour l'exploitant.

Ces prairies, ravagées par les troupeaux communaux à l'automne, sont pauvres en graminées. Les légumineuses semblent montrer plus de résistance contre la dent meurtrière des chevaux et des poulains.

Les oies communales, en grandes troupes, ne sont pas moins nuisibles au développement des bonnes herbes dans la prairie. On prévient en partie le mal qu'elles y produisent, en les cantonnant dans un terrain qui leur est spécialement affecté. On l'appelle le pâturage des oies, il est toujours tellement court et tellement nul qu'aucun autre animal ne saurait y rien prendre.

En remontant la même vallée, j'ai trouvé, à Varennes, une prairie composée comme il suit :

Graminées. 2/10	Brome à grappe	*Bromus racemosus.*	
	Crételle	*Cynosurus cristatus.*	
	Paturin commun	*Poa trivialis.*	
	Fétuque des prés	*Festuca pratensis.*	
	Fétuque fausse queue de rat.	*Festuca pseudo-myuros.*	
	Agrostis commune	*Agrostis vulgaris.*	
Légumineuses. 6/10	Lotier	*Lotus corniculatus*	2/10
	Petit trèfle jaune	*Trifolium filiforme*	2/10
	Trèfle blanc	*Trifolium repens*	1/10
	Trèfle des prés	*Trifolium pratense*	
Plantes diverses. 2/10	Jacée	*Centaurea jacea.*	
	Chrysanthème	*Chrysanthemum leucanthemum.*	
	Carotte sauvage	*Daucus carota.*	
	Silaüs des prés	*Silaus pratensis.*	

Ce pré rend peu pour les causes énumérées précédemment. Rendement faible, qualité inférieure, foin fin, où dominent de bonnes légumineuses : tels sont les traits distinctifs de ce pré de Saône.

Continuons cette revue des prés de Saône par une prairie située à Saint-Loup; elle offre une surface considérable, on n'en aperçoit pas les limites; elle est basse par rapport à la rivière; elle profite par conséquent des inondations de l'hiver; sa composition varie naturellement avec son niveau qui n'est pas le même partout. Aux endroits où l'eau séjourne trop longtemps apparaissent des joncs, des laiches, des scirpes qui nuisent à la bonne qualité du foin. C'est la prairie la mieux fournie que j'ai rencontrée sur la rive droite de

la Saône ; l'herbe est haute et serrée. Elle a dû rendre 4000 kilogrammes de foin à l'hectare pour la première coupe. Voici sa composition :

GRAMINÉES. 6/10	Agrostis commune	*Agrostis vulgaris*	5/10
	Crételle	*Cynosurus cristatus*	1/10
	Ray-grass	*Lolium perenne*	
	Brome mou	*Bromus mollis*	
	Fétuque des prés	*Festuca pratensis*	
	Vulpin à vessie	*Alopecurus utriculatus*	
LÉGUMINEUSES. 1/10	Trèfle blanc	*Trifolium repens.*	
	Trèfle des prés	*Trifolium pratense.*	
	Petit trèfle jaune	*Trifolium filiforme.*	
	Lotier	*Lotus corniculatus.*	
PLANTES DIVERSES. 3/10	Cresson fleuri	*Cardamine pratensis.*	
	Fleur de coucou	*Lychnis flos cuculi.*	
	Silaüs des prés	*Silaus pratensis.*	
	Gaillet mollugine	*Galium Mollugo.*	
	Jacobée	*Senecio jacobœa.*	

Aux précédentes prairies, les légumineuses dominaient les graminées dans la composition des foins, ici c'est la proportion inverse, ce sont les graminées qui l'emportent sur les légumineuses. Parmi les graminées, l'*Agrostis vulgaris* occupe le premier rang ; elle est à elle seule cinq fois plus abondante que les autres réunies. Cette association, si différente des précédentes, tient uniquement au niveau de la prairie par rapport à la rivière et à la fraîcheur permanente du terrain.

Nous voyons là une graminée intéressante à noter et indiquée comme très rare aux environs de Paris ; je veux parler de l'*Alopecurus utriculatus*, elle était assez abondante en 1881. C'est une espèce annuelle plus précoce que les graminées vivaces auxquelles elle est associée. Sa graine tombe par conséquent sur le pré quand celui-ci est fauché trop mûr, ce qui est le cas le plus ordinaire. Le vulpin à vessie, comme le petit trèfle jaune, qui, quoique annuel reparaît généralement tous les ans, dépose sa graine à la surface au moment de la fauchaison. Cette graine germe ensuite, si l'hiver ou le piétinement des animaux détruisent les plantes vivaces et laissent des places vides pour les espèces annuelles. La crête de coq (*Rinanthus crista-galli*) mauvaise plante, trop commune dans les prairies ne se propage pas autrement. Ses graines tombent au moment de la fenaison et donnent naissance à des plantes qui reparaissent à la récolte suivante. Les graminées annuelles ne sont

pas à propager dans les prairies naturelles, elles ont l'inconvénient de produire peu de foin à la première coupe et de disparaître complètement au regain, laissant des vides difficiles à combler au cœur de l'été.

Voici une autre prairie de la Saône fort intéressante à examiner à cause de sa composition qui diffère sensiblement de celle des autres prairies étudiées précédemment. Il s'agit d'une grande prairie située sur la rive droite de la Saône et venant aboutir aux environs de Macon, près de l'abattoir de cette ville. J'ai eu la bonne fortune de l'analyser deux fois; une première fois, au commencement du mois de juillet 1880, au moment de la récolte du foin, et une seconde fois en août 1881, quand les animaux communaux, moutons et bœufs la broutaient et lui faisaient subir toutes les dégradations qui résultent du régime de la vaine pâture. Sa composition moyenne peut se formuler comme il suit :

GRAMINÉES. 3/10	Agrostis commune		*Agrostis vulgaris.*
	Fromental		*Avena elatior.*
	Dactyle		*Dactylis glomerata.*
	Houlque laineuse		*Holcus lanatus.*
	Paturin commun		*Poa trivialis.*
	Chiendent		*Triticum repens.*
	Ray-grass		*Lolium perenne.*
LÉGUMINEUSES. 5/10	Lotier corniculé	4/10	*Lotus corniculatus.*
	Trèfle blanc		*Trifolium repens.*
	Trèfle des prés	1/10	*Trifolium pratense.*
	Minette		*Medicago lupulina.*
PLANTES DIVERSES. 2/10	Jacée		*Centaurea jacea.*
	Carotte sauvage		*Daucus carota.*
	Euphorbe		*Euphorbia esula.*
	Plantain lancéolé		*Plantago lanceolata.*
	Plantain blanchâtre		*Plantago albicans.*
	Scabieuse		*Scabiosa succisa.*
	Silaüs des prés		*Silaus pratensis.*
	Pigamon jaune		*Thalictrum flavum.*
	Renoncule		*Ranunculus acris.*
	Pissenlit		*Taraxacum deus leonis.*
	Trincie hérissée		*Thrincia hirta.*
	Patience		*Rumex patientia.*
	Ail paniculé		*Allium paniculatum.*

Le foin est de bonne qualité; il renferme une forte proportion de légumineuses et relativement peu de graminées. Parmi les plantes diverses nous voyons quatre plantes nouvelles que nous n'avions pas encore rencontrées dans les prairies de la Saône, je

veux parler de l'euphorbe, du plantain blanchâtre, de l'ail paniculé et du pigamon jaune. Le pigamon jaune n'est pas une mauvaise plante, les animaux la mangent verte et sèche. L'ail paniculé et le plantain blanchâtre sont insignifiants pour le foin, ils peuvent néanmoins être considérés comme plantes nuisibles à la prairie, attendu qu'elles prennent la place des bonnes espèces.

Le plantain blanchâtre étale sur le sol ses feuilles molles et laineuses, et forme une étoile plaquée que la faulx ne peut atteindre et que les animaux au pâturage dédaignent de manger. La plus mauvaise de ces plantes diverses est, sans contredit, l'euphorbe ésule qui forme dans la prairie de larges tâches où il ne pousse aucune autre plante.

Par la sécheresse de 1881, au mois d'août, quand toutes les graminées de la prairie étaient mortes et desséchées, l'euphorbe se montrait vigoureuse et résistante. Aucun animal ne la broutait, quoiqu'il n'y eût plus rien à manger sur ce pâturage desséché. Parmi les quelques plantes refusées par les troupeaux dans les mêmes conditions je dois citer encore la carotte sauvage, le silaüs des prés, la jacée et le plantain blanchâtre.

Au moment du fanage de la première coupe, on a soin de retirer l'euphorbe du reste du foin. On l'enlève séparément et on ne peut en faire que de la litière. Il paraît que la chèvre, pendant l'hiver, consent à en manger, quand la plante a été bien séchée et convenablement récoltée.

J'ai décrit avec soin cette grande prairie de Macon, c'est un type qu'on rencontre communément dans la partie la plus basse de la vallée de la Saône. Il s'agit toujours de prairies submergées et colmatées pendant l'hiver, non cloturées, non nivelées et soumises aux abus de la vaine pâture après la première coupe. Quoique très négligée par les propriétaires, et horriblement ravagée par les troupeaux communaux affamés, ces prairies donnent un foin de bonne qualité, composé en grande partie de légumineuses fourragères. Mais le rendement n'est jamais élevé et dépasse rarement 2000 kilogrammes par hectare.

Laissons un instant les prairies inondables de la Saône, et examinons ce qu'est la prairie naturelle dans le même bassin, à une altitude un peu plus élevée, sur le territoire de Givry, dans le voisinage d'un crû classé parmi les bons vins de Bourgogne. La prairie est arrosée par des eaux pluviales qui descendent des vignes

et des terres cultivées. Le sol est argilo-calcaire, moyennement perméable. Les eaux découlent des formations jurassiques, elle sont, par conséquent, chargées de sels calcaires et d'autres substances utiles provenant du lavage des surfaces cultivées:

En juin 1881, cette prairie offrait la composition qui suit :

GRAMINÉES. 4/10	Paturin commun	*Poa pratensis*	EN ÉGALES PROPORTIONS.
	Agrostis commune	*Agrostis vulgaris*	
	Ray-grass	*Lolium perenne*	
	Fétuque des prés	*Festuca pratensis*	
	Crételle	*Cynosurus cristatus*	
	Brize	*Briza Media*	
	Flouve	*Anthoxantum odoratum*	
	Vulpin (par places)	*Alopecurus pratensis*	
LÉGUMINEUSES. 3/10	Petit trèfle jaune	*Trifolium filiforme*	2/10
	Lotier	*Lotus corniculatus*	1/10
	Trèfle des prés	*Trifolium pratense*	
PLANTES DIVERSES. 3/10	Chrysanthème	*Chrysanthemum leucanthemum*	2/10
	Carotte sauvage	*Daucus carota*	1/10
	Silaüs des prés	*Silaus pratensis*	
	Renoncule	*Ranunculus acris*	
	Jacée	*Centaurea jacea*	
	Fleur de coucou	*Lychnis flos cuculi*	
	Rhinante	*Rhinantus crista galli*	
	Colchique	*Colchicum autumnale*	

Ce foin est réputé de bonne qualité. Son rendement s'élève à 3000 kilogrammes à l'hectare. Le regain est pâturé par des vaches laitières. On peut néanmoins reprocher à cette prairie la présence d'un peu de colchique, et la prédominance du chrysanthème. La prairie en était toute blanche et figurait une énorme corbeille de grandes marguerites. Cette composée, dont le foin est dur et grossier, n'est pas à multiplier; elle abonde généralement dans les prés secs et perméables, tandis qu'elle est rare et peu vigoureuse sur les endroits où l'eau séjourne pendant l'hiver.

Cette prairie de Givry se loue sur le pied de 200 francs l'hectare.

Remontons la vallée de la Saône, et arrêtons-nous à Auxonne, où la vallée offre, sur une grande largeur, l'une des plus belles prairies de France. Cette prairie a une grande renommée pour la finesse de son foin. En l'année 1881, l'herbe n'était pas abondante elle avait souffert des froids du printemps. Voici sa composition au mois de juin, quelques jours avant la fauchaison :

GRAMINÉES. 3/10	Paturin des prés.........	*Poa pratensis.*
	Avoine jaunâtre..........	*Avena flavescens.*
	Ray-grass...............	*Lolium perenne*
	Cretelle................	*Cynosurus cristatus.*
	Fétuque des prés........	*Festuca pratensis.*
	Dactyle.................	*Dactylis glomerata.*
	Orge faux seigle.........	*Hordeum secalinum.*
	Fromental...............	*Avena elatior.*
	Vulpin des prés..........	*Alopecurus pratensis.*
	Brize...................	*Briza Media.*
	Flouve..................	*Anthoxantum odoratum.*
	Brome mou...............	*Bromus mollis.*
	Brome à grappe..........	*Bromus racemosus.*
LÉGUMINEUSES, 4/10	Trèfle des prés...........	*Trifolium pratense.*
	Petit trèfle jaune..... ...	*Trifolium filiforme.*
	Trèfle blanc.............	*Trifolium repens.*
	Lotier..................	*Lotus corniculatus.*
PLANTES DIVERSES. 3/10	Carotte sauvage..........	*Daucus carota.*
	Plantain lancéolé.........	*Plantago lanceolata.*
	Chrysanthème............	*Chrysanthemum leucanthemum.*
	Scabieuse...............	*Scabiosa succisa.*
	Jacée...................	*Centaurea jacea.*
	Pimprenelle..............	*Poterium sanguisorba.*
	Salsifis.................	*Tragopogon pratensis.*
	Campanule...............	*Campanula glomerata.*
	Gaillet jaune.............	*Galium verum.*
	Cresson fleuri............	*Cardamine pratensis.*
	Colchique...............	*Colchicum autumnale.*
	Oseille..................	*Rumex acetosa.*
	Potentille...............	*Potentilla reptans.*
	Crête de coq............	*Rhinantus crista galli.*

Ces trente et une plantes composent, dansleur ensemble, un foin d'excellente qualité. Le colchique, l'oseille, la crête de coq ne sont pas de bonnes plantes, mais elles entrent en si faible proportion dans la masse qu'elles ne nuisent pas sensiblement à la qualité du foin.

Par un printemps plus favorable, les graminées doivent l'emporter sur les légumineuses. Elles les dominent par la vigueur et par la taille, et ne leur permettent pas le développement qu'elles acquièrent quand les gelées printanières viennent les favoriser au détriment des autres espèces.

Continuons notre excursion dans le département de la Côte-d'Or et arrêtons nous à la hauteur de Talmay. Nous rencontrons là des prairies dans trois situations différentes, l'une dans la vallée de la Saône, l'autre sur la rive droite de la Vingeanne, la troisième sur la rive droite de l'Oignon, au village de Périgny. Ces deux ri-

vières se jettent dans la Saône, à peu de distance de là, et leurs vallées se confondent dans cet endroit avec celle de la Saône. La prairie de Talmay, située sur les bords de la Saône, a été créée, il y a vingt ans, sur un défrichement de bois, par M. le baron Thénard. On y trouve les espèces suivantes :

GRAMINÉES. 6/10	Paturin des prés.........	*Poa pratensis.*
	Fétuque des prés..... ...	*Festuca pratensis.*
	Fromental..............	*Avena elatior.*
	Flouve..................	*Anthoxantum odoratum.*
	Dactyle..................	*Dactylis glomerata.*
	Vulpin des prés..........	*Alopecurus pratensis.*
	Agrostis commune........	*Agrostis vulgaris.*
	Avoine jaunâtre..........	*Avena flavescens.*
	Brize..................	*Briza media.*
	Brome dressé...........	*Bromus erectus.*
	Brome à grappe..........	*Bromus racemosus.*
LÉGUMINEUSES. 2/10	Trèfle blanc.............	*Trifolium repens.*
	Trèfle des prés...........	*Trifolium pratense.*
	Lotier..................	*Lotus corniculatus.*
PLANTES DIVERSES. 2/10	Chrysanthème...........	*Chrysanthemum leucanthemum.*
	Salsifis..................	*Tragopogon pratensis.*
	Fleur de coucou..........	*Lychnis flos cuculi.*
	Campanule..............	*Campanula glomerata.*
	Gaillet mollugine........	*Galium mollugo.*
	Polygala commun........	*Polygala vulgaris.*
	Colchique (par places)....	*Colchicum autumnale.*

Rendement moyen, 4000 kilogrammes à l'hectare d'un foin de bonne qualité. Rendement de 1881, 3000 kilogrammes de foin à l'hectare par suite des gelées printanières qui ont nui à la pousse de l'herbe. Ces prés n'occasionnent aucun frais d'entretien. La rivière les inonde et les engraisse tous les ans. Il en est de même des deux prairies que nous allons examiner.

Voyons la grande prairie de la Vingeanne, située à 1 kilomètre de l'embouchure de cette rivière dans la Saône. Les graminées s'y trouvent en égales proportions entre elles, à l'exception du ray-grass qui est très dominant, de la houlque laineuse, de la fétuque des prés, du fromental et du vulpin à vessie, qui sont également dominants, mais sensiblement moins que la ray-grass.

Parmi les légumineuses, le petit trèfle jaune est trois fois plus abondant que le trèfle blanc et le trèfle des prés.

Pour ce qui est des plantes diverses, aucune n'est dominante et leur répartition est uniforme sur toute la surface.

La composition de la prairie se formule ainsi:

GRAMINÉES. 6/10	Ray-grass................	*Lolium perenne.*
	Houlque laineuse.........	*Holcus lanatus.*
	Fétuque des prés.........	*Festuca pratensis.*
	Fromental...............	*Avena elatior.*
	Vulpin des prés..........	*Alopecurus pratensis.*
	Vulpin à vessie..........	*Alopecurus utriculatus.*
	Paturin commun.........	*Poa pratensis.*
	Orge faux seigle.........	*Hordeum secalinum.*
	Brome mou..............	*Bromus mollis.*
	Brome à grappe..........	*Bromus racemosus.*
	Brome dressé............	*Bromus erectus.*
	Crételle.................	*Cynosurus cristatus.*
	Dactyle..................	*Dactylis glomerata.*
	Flouve..................	*Anthoxantum odoratum.*
	Fétuque durette..........	*Festuca duriuscula.*
	Brize....................	*Briza media.*
	Fléole..................	*Phleum pratense.*
LÉGUMINEUSES. 2/10	Petit trèfle jaune........	*Trifolium filiforme.*
	Trèfle des prés...........	*Trifolium pratense.*
	Trèfle blanc.............	*Trifolium repens.*
	Lotier..................	*Lotus corniculatus.*
PLANTES DIVERSES. 2/10	Chrysanthème............	*Chrysanthemum leucanthemum.*
	Crète de coq............	*Rhinantus crista galli.*
	Fleur de coucou..........	*Lychnis flos cuculi.*
	Jacée...................	*Centaurea jacea.*
	Barkause................	*Barkhausea taraxacifolia.*
	Patience................	*Rumex patientia.*
	Croisette................	*Galium cruciata.*
	Gaillet mollugine.........	*Galium mollugo.*
	Salsifis..................	*Tragopogon pratensis.*
	Hypochéride.............	*Hypochœris radicata.*
	Renoncule..............	*Ranunculus acris.*
	Jacobée................	*Senecio jacobœa.*
	Colchique...............	*Colchicum autumnale.*

Cette prairie est arrosée par submersion quand la Vingeanne inonde la vallée, et par déversement à l'aide d'un barrage et de rigoles de distribution. Comme la prairie a peu de pente et qu'elle n'est pas parfaitement nivelée dans toutes ses parties, il y a quelques portions qui souffrent de l'humidité. C'est sur ces places qu'on voit dominer le vulpin à vessie, le vulpin des prés, la fléole et la patience.

Cette grande prairie laisse à désirer sous le rapport des soins d'entretien; elle pourrait être mieux nivelée, mieux arrosée, mieux assainie et mieux purgée de colchique, de crête de coq et de patience. Cependant le foin est de bonne qualité, et rend, année

moyenne, en première coupe, 3000 kilogrammes par hectare. En 1881, un printemps froid et défavorable à la pousse des graminées en a réduit le rendement à 2000 kilogrammes. Par des soins mieux entendus, ces bonnes alluvions argilo-calcaires et moyennement perméables devraient produire 7000 kilogrammes de foin, savoir : 5000 en première coupe et 2000 en regain.

Transportons-nous à 10 kilomètres plus loin dans la vallée de l'Oignon, à Périgny. Cette vallée se confond en cet endroit avec celle de la Saône. L'Oignon se jette dans la Saône à une faible distance de Périgny. On voit là une immense prairie sans clôture et complètement inondée en hiver par les deux rivières. La composition de la prairie varie comme son niveau par rapport à l'Oignon. Les parties les plus basses sont couvertes de laiches et de joncs, les parties saines comprennent les 9/10 de la surface totale.

Les graminées sont également réparties. Seul le vulpin à vessie est dominant aux places humides. Parmi les légumineuses, c'est le lotier qui est le plus abondant. Les plantes diverses sont uniformément distribuées sur les parties saines. Aux places humides elles disparaissent et sont remplacées par des laiches. Sur les bords des fossés d'assainissement le vulpin des prés, le ray-gras, le paturin commun, l'avoine jaunâtre sont d'une vigueur extraordinaire. Ce sont les parcelles les mieux arrosées de la prairie; on y récolte dix fois plus de foin que sur les surfaces élevées qui profitent peu des immersions de l'hiver.

Voici la composition moyenne de cette grande prairie :

GRAMINÉES. 1/10	Paturin commun........	*Poa trivialis.*
	Ray-grass..............	*Lolium perenne.*
	Vulpin des prés..........	*Alopecurus pratensis.*
	Houlque laineuse.........	*Holcus lanatus.*
	Flouve..................	*Anthoxanthum odoratum.*
	Brome à grappe..........	*Bromus racemosus.*
LÉGUMINEUSES. 2/10	Lotier..................	*Lotus corniculatus.*
	Petit trèfle jaune.........	*Trifolium filiforme.*
	Trèfle des prés.	*Trifolium pratense.*
	Trèfle blanc.............	*Trifolium repens.*
PLANTES DIVERSES. 7/10	Jacée..................	*Centaurea jacea.*
	Jacobée.................	*Senecio jacobæa.*
	Fleur de coucou..........	*Lychnis flos cuculi.*
	Gaillet mollugine.........	*Galium mollugo.*
	Chrysanthème............	*Chrysanthemum leucanthemum.*
	Cresson fleuri...........	*Cardamine pratensis.*
	Renoncule âcre..........	*Ranunculus acris.*
	Œnanthe fistuleuse.......	*Œnanthe fistulosa.*

Cette prairie était peu abondante aumois de juin 1881. Elle avait souffert du froid printanier, c'est sans doute à cette cause qu'il fautattribuer la faible proportion degraminées, et la prédominance des plantes diverses sur les graminées et les légumineuses. On la dit tardive, ce qui ferait supposer qu'elle renferme d'autres graminées tardives peu apparentes au commencement de juin; ce seraient l'agrostis commune et la fléole. Dans les terrains froids, elles ont souvent un mois de retard sur les autres graminées.

Quoi qu'il en soit, cette grande prairie est loin de donner un rendement en rapport avec la fertilité de ces alluvions. En 1881, elle n'a pas produit plus de 2000 kilogrammes par hectare d'un foin assez grossier. Dans les meilleures années elle ne dépasse pas 3000 kilogrammes. Par des soins mieux entendus d'irrigation et d'assainissement, on arriverait facilement à doubler son rendement en foin.

Toutes les prairies que nous venons d'étudier sont à vrai dire le produit de la nature. L'exploitant y prend la première coupe et ensuite la prairie, n'étant pas clôturée, rentre généralement dans le domaine de la vaine pâture avec tous les abus qui en sont la conséquence. De telles prairies ne comporteront aucune amélioration foncière, tant qu'elles seront morcelées, privées de clôtures, et soumises à la dépaissance communale.

Dans les Vosges, où la prairie fait la richesse du pays, on suit un système d'exploitation tout à fait opposé. Jamais le bétail n'est admis dans la prairie. On y fait toujours deux coupes et on a grand soin de l'arroser dans la mesure qui convient pour la bonne production de l'herbe. Aussi, sur un sol qui ne vaut pas celui de la vallée de la Saône on obtient, par des soins intelligents, sur la même surface un rendement trois fois plus élevé et un foin d'une qualité bien supérieure.

IV

Conversion des terres arables en prairies naturelles.

Il y a une trentaine d'années on a vu des agriculteurs défricher leurs plus mauvaises prairies, celles qui, n'étant jamais inondées par la rivière, donnaient peu de foin, surtout par les années de sécheresse. Ces terrains vierges mis en culture produisaient de magnifiques récoltes d'avoine, de betterave, de trèfle, de vesce, etc.

Il y avait une fertilité, acquise de longue date, très avantageuse à exploiter par le défrichement et la mise en culture de ces vieux prés. Maintenant ces terres n'ont plus la même force de production, et comme les frais de culture ont subi une augmentation considérable, on reconnaît que la prairie rapporte plus que la terre cultivée, et on est amené à faire le contraire de ce qui s'est fait dans le passé, c'est-à-dire à convertir en prés les terres labourables aptes à cette production. Dans le cas que nous allons exposer, on a eu d'autant plus raison de faire cette opération, que les terres dont il s'agit sont fortes, assez fraîches en toute saison, et d'une culture coûteuse et difficile. Le semis s'est fait avec une composition de graines achetées chez un marchand grainetier. Cette composition a réussi sur certains points et a manqué sur d'autres.

Voici les espèces que j'ai remarquées sur la partie la mieux garnie et la plus vigoureuse. Cette jeune prairie est située à Talmay, dans la vallée de la Saône; c'est un sol d'alluvions silico-calcaires :

Graminées. 6/10	Fromental..............	*Avena elatior.*
	Dactyle.................	*Dactylis glomerata.*
	Ray-grass..............	*Lolium perenne.*
	Paturin commun.........	*Poa trivialis.*
	Houlque laineuse.........	*Holcus lanatus.*
	Brome mou..............	*Bromus mollis.*
Légumineuses. 7/20	Trèfle hybride...........	*Trifolium hybridum.*
	Minette.................	*Medicago lupulina.*
	Trèfle blanc.............	*Trifolium repens.*
	Mélilot..................	*Melilotus officinalis.*
Plantes diverses. 1/20	Pimprenelle.............	*Poterium sanguisorba.*
	Renoncule..............	*Ranunculus acris.*

Je soupçonne que les graines propres au terrain sont au moins pour moitié dans la composition de cette prairie.

Une nouvelle plante à noter, c'est le trèfle hybride, qui vient très bien sur ce terrain et y joue un rôle aussi important que le trèfle blanc dans d'autres localités.

Ce que l'on a de mieux à faire ce serait de s'en tenir aux espèces qui réussissent le mieux dans le pays.

Il y a des terrains qui ont une grande aptitude naturelle à produire les herbes des prairies. C'est le cas des terres hautes du territoire de Talmay. Les graines des foins de Saône sont portées par les fumiers dans les terres cultivées, et, à la première occasion, elles

s'y développent avec une vigueur extraordinaire. Sur ce terrain toutes les luzernières ont une grande propension à se convertir en prairie naturelle. A la première coupe, la luzerne disparaît sous les graminées dont elle est envahie. Les luzernes durent 4, 5, 7 et 8 ans; la première coupe ressemble toujours à du foin de pré. Voici comment elle était composée pour une luzerne de 4 ans dans la propriété de M. le baron Thénard.

Paturin commun	*Poa trivialis*	4/10
Vulpin des champs	*Alopecurus arvensis*	3/10
Dactyle	*Dactylis glomerata*	1/10
Fétuque des prés	*Festuca elatior*	1/10
Brome mou	*Bromus mollis*	1/10
Brome à grappe	*Bromus racemosus*	

C'est un foin de graminées. La luzerne ne reparaît qu'aux coupes subséquentes.

Une autre luzernière offrait la composition suivante :

Luzerne, 1/4. Graminées, 3/4.

Les graminées étaient :

Le paturin commun	3/10
Le vulpin des champs	2/10
L'avoine jaunâtre	1/10
Ray-grass vivace	1/10
Ray-grass d'Italie	1/10
Bromes	2/10

Une troisième luzernière de quatre ans offrait pour la première coupe cette composition:

	Luzerne	5/10
GRAMINÉES. 5/10	Paturin commum	2/10
	Vulpin des champs	2/10
	Fetuque des prés	1/10
	Agrostis commune	

On voit avec quelle facilité ces sortes de terrains se convertissent en prairies naturelles. Pourvu qu'ils soient nets de mauvaises herbes et en bon état de fumure, on y développerait sans difficulté les plus fines graminées et les meilleures légumineuses. On les y maintiendraient longtemps et même toujours en bonne production par des fumures bien choisies et répétées à des intervalles réguliers.

V

Améliorations à effectuer sur les prés de la Saône.

Il est à remarquer que c'est dans les conditions naturelles les plus favorables à la production de l'herbe que l'homme fait le moins d'efforts pour l'amélioration et le développement de la prairie. Dans ce bassin de la Saône, où le sol est si graminifère et si léguminifère, où les alluvions sont moyennement perméables et heureusement composées de silice, d'argile et de calcaire, conditions qui font l'abondance et la qualité des herbes, l'homme ne s'impose aucun sacrifice, et ne se donne aucune peine pour profiter d'une situation exceptionnellement avantageuse. Dans les Vosges et dans les Dombes le sol est mauvais, on travaille sur du sable, des galets, avec des eaux qui ne sont pas toujours de bonne nature, cependant on y arrive à des résultats excellents, très supérieurs à ceux qu'on observe dans les riches vallées de la Saône et de ses affluents. C'est qu'ici peu de cultivateurs songent à l'irrigation de la prairie, à l'assainissement des places humides. La jouissance en commun sous forme de vaine pâture, le morcellement du sol et l'absence de clôtures, qui en est la conséquence, expliquent, sans la justifier, l'incurie et la négligence des exploitants pour leurs prairies naturelles. Il est regrettable que l'une des plus belles vallées de France, par sa longueur et sa largeur, richement fournie d'eau et de bonnes alluvions, ne donne qu'une minime production quand il serait si facile d'en faire des prairies d'une grande valeur, pour la production du foin, l'engraissement et l'élevage du bétail. Il y a là une richesse considérable perdue et inutilisée, bien digne d'attirer l'attention de ceux qui s'intéressent vivement aux succès et à la prospérité de l'agriculture française.

La partie la plus importante du bassin de la Saône dépend des départements de l'Ain, de Saône-et-Loire et de la Côte-d'Or. Nous avons vu précédemment que la Saône et ses affluents arrosent un groupe de prairies naturelles qui représente une étendue d'au moins 200000 hectares.

Si l'on tient compte des prés communaux qu'on ne fauche jamais, on ne peut évaluer à plus de 20 quintaux métriques le produit moyen

par hectare de ces 200 000 hectares pour la première coupe. Le quintal vaut environ 8 francs, ce serait donc un produit brut en argent de 160 francs par hectare. La seconde coupe, fauchée ou pâturée, peut valoir environ 40 francs. Ce serait donc à 200 francs qu'il faudrait estimer le produit brut d'un hectare des prairies de la Saône. Les 200 000 hectares représenteraient par conséquent un produit brut annuel de 40 millions. Avec un sol de première qualité et des rivières toujours largement fournies d'eau, il serait bien facile de doubler et même de tripler la production de ces prairies naturelles. Il suffirait de supprimer la vaine pâture, de vendre ou d'amodier les prairies communales, de parer aux inconvénients du morcellement du sol par la réunion des parcelles, et enfin d'exécuter dans chaque localité les travaux d'assainissement et d'irrigation jugés nécessaires pour augmenter la qualité et le rendement de l'herbe et du foin.

VI

Qualités spéciales des prairies de la Saône.

Au point de vue de la boucherie et des spéculations du bétail il est intéressant de comparer les prairies du bassin de la Saône avec celles du département des Vosges[1]. On reconnaît tout d'abord que, dans la partie montagneuse des Vosges, les légumineuses entrent pour une faible proportion dans la composition du foin. A chaque prairie analogue on trouve une association ainsi formulée : peu de légumineuses, légumineuses peu abondantes, 1/10 de légumineuses, 2/10 de légumineuses. Ce maximum n'a jamais été dépassé dans la vallée de la Moselle et de la Vologne, ni dans les prairies étudiées aux environs de Saint-Dié, de Remiremont et de Gerardmer. La rareté des légumineuses sur les points en question est due sans nul doute à la situation géologique du pays. On est là dans des alluvions généralement siliceuses qui dérivent du granit, du grès vosgien et du trias. Tout le monde sait que les légumineuses ne sont jamais très abondantes sur les terrains de cette nature. Au contraire les graminées les affectionnent particulièrement, et, parmi celles-ci, il y en a trois, la houlque laineuse, l'agrostis commune, et la

1. Voy. Prairies et irrigations des Vosges dans les *Annales agronomiques*, tome VII, n° 25.

flouve odorante qu'on est sûr de rencontrer en très grande abondance. Quand on voit la houlque laineuse occuper la première place parmi les graminées, on peut affirmer à coup sûr qu'on est en présence d'un sol siliceux plus ou moins argileux, mais jamais riche en calcaire.

Dans le bassin de la Saône les alluvions provenant des terrains calcaires sont en grande majorité; les alluvions siliceuses n'apparaissent guère que sur les bords des affluents qui viennent des Vosges ou du plateau de la Bresse. Ceux qui coulent dans les départements de Saône-et-Loire et de la Côte-d'Or ont donné lieu à des alluvions jurassiques tellement propres à la végétation des légumineuses qu'elles arrivent souvent à égaler et même à dépasser la proportion des graminées dans la composition des prairies. Les herbages ainsi composées appartiennent aux pays riches, où l'exploitant se livre indifféremment à l'élevage et à l'engraissement des races les plus distinguées et les plus exigeantes.

La race charolaise et la race femeline, si renommées pour leur finesse et leur aptitude à l'engraissement, ont leur berceau dans les herbages de nature calcaire.

Les races des Vosges et des Dombes, qui sont petites, rustiques et sobres, sont les seules à qui suffisent les herbes moins substantielles des régions siliceuses et privées de calcaire.

Ce sont là des effets physiologiques bien importants à noter quand il s'agit d'exploiter le bétail par la végétation spontanée du sol. Il serait imprudent de marcher à l'encontre de ces circonstances naturelles qui exercent une influence si considérable sur les spéculations du bétail. Certainement, il n'est pas impossible d'entretenir des races distinguées sur des herbages et des prairies de nature purement siliceuse. Il suffit de faire venir du dehors ou de demander à des cultures alternes un supplément d'alimentation qui vienne compléter ce qui manque aux herbes spontanées des terres siliceuses. Mais si l'on veut s'en tenir à l'exploitation pure et simple de la prairie naturelle ou de l'herbage, sans acheter d'autres aliments et sans passer par les soucis d'une culture, il faut alors tenir compte sérieusement de la nature de l'herbe et du foin produit sur le sol, et savoir choisir les animaux qui le consomment avec le plus de profit pour l'exploitant, soit que ce dernier fasse des élèves de bêtes à cornes ou de chevaux, soit qu'il s'adonne à l'engraissement des animaux ou aux diverses spéculations de l'industrie laitière.

EXPÉRIENCES

SUR L'INFLUENCE QU'EXERCE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

SUR LE DÉVELOPPEMENT DES VÉGÉTAUX

EXÉCUTÉES A L'EXPOSITION D'ÉLECTRICITÉ DE 1881

Par M. P.-P. DEHÉRAIN
Professeur au Muséum d'histoire naturelle et à l'École d'agriculture de Grignon,

Si les horticulteurs savent depuis longtemps utiliser la chaleur, si à l'aide des serres, des bâches, ils activent le développement des plantes et les *forcent* à donner leurs produits plus rapidement que lorsqu'elles sont abandonnées à la température ordinaire, on n'a jusqu'à présent fait aucun usage des lumières artificielles. Cependant les végétaux maintenus en serre ne reçoivent qu'un faible éclairage, pendant l'hiver la lumière leur est très parcimonieusement distribuée, le ciel est souvent voilé et les nuits sont longues, de telle sorte qu'il serait certainement avantageux de posséder une lumière assez éclatante pour remplacer le soleil lorsqu'il est caché par des nuages ou qu'il disparaît derrière l'horizon.

La lumière électrique seule est assez puissante pour qu'on puisse penser à la mettre en comparaison avec la lumière solaire, toutefois l'installation d'un éclairage électrique dans une serre est encore aujourd'hui, malgré les progrès réalisés, fort coûteuse et on ne se décidera à s'engager dans de lourdes dépenses que s'il est reconnu que non seulement la lumière électrique exerce une influence heureuse sur le développement des plantes, mais encore qu'il est avantageux de soumettre celles-ci à un éclairement continu ou au moins très prolongé. Or, ce point même est encore en discussion, non seulement beaucoup de personnes supposent *a priori*, que l'absence de repos nocturne serait fatale aux végétaux, mais de plus, cette opinion est partagée par quelques botanistes des plus distingués. M. Duchartre[1] a montré par deux séries d'observations précises que des glaïeuls, des fraisiers, des vignes ont manifesté une croissance beaucoup plus rapide pendant la nuit que

1. Comptes rendus, tome VI, page 817, 1866.

pendant le jour. « La différence entre les deux croissances diurne et nocturne a été fréquemment du simple au double, assez souvent du simple au triple, parfois même plus considérable. »

Il semblerait donc, d'après ces observations, confirmées au reste par d'autres physiologistes, que la vie de la plante comporte en réalité deux phases distinctes, et, que si pendant le jour, les cellules à chlorophylle frappées par les rayons du soleil élaborent des principes immédiats, ceux-ci sont utilisés pendant la nuit à la croissance de la plante.

On ne conçoit pas très bien cependant, si cette séparation des fonctions est nécessaire, comment dans les hautes latitudes où le soleil, pendant la belle saison, reste longtemps au-dessus de l'horizon, la végétation se développe avec une activité surprenante ; le fait était connu depuis longtemps, cependant, nos connaissances sur ce point ont été très étendues pendant ces dernières années par le mémoire qu'a publié M. Tisserand, directeur de l'agriculture[1], où il a résumé non seulement ses propres observations, mais aussi celles de M. Schubeler, professeur à Christiania. On trouve dans ce travail les observations suivantes, relativement à la durée de la végétation de diverses plantes de grande culture dans diverses localités de la Norwège.

			Durée de végétation		
	Latitude.	Température moyenne de l'année.	Froment d'été.	Seigle d'été.	Orge.
Halsnoe	59°,47'	6°.3	133	139	117
Bodo	67°,17'	3°.6	121	118	102
Strand	68°,46'	2°.9	115	116	98
Skibotten	69°,28'	2°,3	114	113	93

Ainsi la durée de la végétation de ces diverses plantes est d'autant moindre que la latitude est plus élevée, et ce résultat paraîtrait paradoxal, si on ne tenait pas compte du temps pendant lequel le soleil reste visible; mais si on remarque que le soleil, au lieu de rester 14 heures et demie au-dessus de l'horizon pendant la période de végétation, comme sous la latitude de Paris, y reste 18 heures environ à Halsnoe, 20 heures et demie à Bodo, 21 heures et demie à Strand et 22 heures à Skibotten, avec des températures, durant ces périodes, de 13 degrés, 11°,3, 10°,9 et 10°,7, on arrive à

1. *Mémoires de la Société centrale d'agriculture*, année 1875

trouver que le produit de la température, par le nombre d'heures durant lequel la plante reçoit les rayons du soleil, est sensiblement égal dans tous les cas, mais toutefois un peu moindre pour la latitude la plus élevée, comme s'il y avait eu un avantage marqué dans la continuité presque absolue de l'éclairage.

Il est bien connu, en effet, que, pour arriver à accomplir son évolution normale, une plante doit recevoir une certaine quantité de chaleur lumineuse constante pour la même espèce, mais variable d'une espèce à l'autre ; appuyons-nous sur ces résultats et imaginons que la lumière électrique présente une efficacité plus faible à coup sûr que celle du soleil, mais représentant cependant une fraction de cette activité solaire. Il est clair que l'éclairage, continué pendant la nuit, abrégera la durée de la végétation d'un nombre de jours sensible et que, par suite, il pourra y avoir intérêt pour l'horticulteur à installer un éclairage qui lui permettra de gagner un mois, six semaines, peut-être davantage sur ses rivaux qui ne jouiront pas de ce mode d'action. C'est surtout dans le commerce des primeurs, ainsi que le nom l'indique, qu'il importe d'arriver le premier, puisque le prix de vente s'élève en raison de la rareté de la marchandise offerte.

Il était donc particulièrement intéressant de chercher à élucider par l'expérience les deux questions suivantes : 1° les plantes bénéficient-elles des rayons émanés d'un arc électrique?

2° Peuvent-elles supporter un éclairage continu et n'ont-elles pas besoin de repos nocturne?

I

Résumé historique. — Expériences de M. Henri Mangon. — Premier mémoire de M. Siemens. — Expériences de MM. Dehérain, Maquenne et Pamiutzin sur la décomposition de l'acide carbonique par les feuilles éclairées par des lumières artificielles. — Installation des expériences au Palais de l'Industrie.

En 1861, M. Hervé-Mangon a reconnu que la lumière électrique était capable de déterminer l'apparition de la matière verte dans de jeunes plantes élevées à l'obscurité; si intéressante que soit cette première expérience, la seule qu'ait pu réaliser le savant académicien pendant les quelques jours où il a eu de la lumière à sa disposition, elle ne nous démontre pas que la lumière électrique soit suffisante pour favoriser le développement des plantes;

en effet, les plus faibles lumières déterminent l'apparition de la chlorophylle. Il y a quelques années, j'ai élevé sous une bâche garnie de verres rouges des plantes qui sont devenues parfaitement vertes et se sont développées pendant quelque temps ; mais, quand j'ai mis fin à l'expérience, j'ai trouvé qu'après dessication les plantes étaient moins lourdes que la semence dont elles provenaient. Il n'y avait donc pas eu de matière végétale élaborée, et il en fallait conclure que la lumière rouge, suffisante pour déterminer l'apparition de la chlorophylle, n'était pas assez énergique pour déterminer l'assimilation du carbone.

Plus tard, en 1869, M. Prilleux a exposé des rameaux d'une plante aquatique, l'*Elodea canadensis*, à l'action des rayons électriques, et il a vu des gaz se dégager de la section, comme cela a lieu, quand des végétaux immergés dans l'eau sont exposés au soleil.

La difficulté qu'on a rencontrée jusqu'à présent à employer la lumière électrique dans les laboratoires de recherche a été telle, qu'en France, au moins, aucune observation n'est venue s'ajouter à celles de MM. Hervé-Mangon et Prilleux. Il n'en a pas été de même en Angleterre, et récemment M. Siemens a donné dans les *Proceedings of the Royal Society* le récit des essais qu'il a tentés[1]. Ces expériences ne furent que de courte durée, cependant elles lui ont permis de conclure « qu'une lumière électrique, égale à 1400 bougies placées à une distance de deux mètres des plantes en végétation, semble avoir une action égale à celle qu'exerce la lumière du jour pendant l'hiver, mais des effets plus avantageux sont obtenus avec des sources lumineuses plus énergiques ». Les plantes qui reçurent pendant le jour l'influence des rayons solaires et pendant la nuit la lumière électrique présentèrent une avance marquée sur celles qui étaient restées à l'obscurité pendant toute la nuit.

Si les expériences de M. Siemens sont encourageantes, elles sont loin d'avoir épuisé le sujet, et elles suscitent surtout le désir de leur donner une plus longue durée, pour en tirer des conclusions plus précises.

J'avais depuis longtemps formé le projet d'étudier cette action de la lumière électrique sur les végétaux, mais l'installation d'une

1. M. Siemens a présenté à l'Association britannique un second travail au mois d'août 1881 ; nous en rendrons compte plus loin.

puissante lumière continue est très coûteuse et hors de toute proportion avec les ressources limitées d'un laboratoire. Après bien des efforts pour tourner les difficultés, malgré l'appui que m'avait donné l'Association française, je ne savais encore comment je réussirais, quand mon ami, M. A. Breguet, voulut bien me proposer de faire à l'Exposition d'Électricité qui devait s'ouvrir aux Champs-Élysées au mois d'août 1881, les essais dont je lui avais parlé à diverses reprises et que je n'avais pu installer au Muséum.

Une fois la résolution prise, j'ai rencontré de tous côtés un appui aussi bienveillant qu'efficace. M. Berger, le commissaire général, m'a désigné dans le palais une place enviable où je puis avoir encore un peu de la lumière du jour; M. Sohier a très gracieusement construit une serre d'après mes indications; M. Fontaine, administrateur de la Compagnie des machines; M. Gramme et M. Jablochkoff, M. Chabert, administrateur de la Compagnie des moteurs Otto, avec une générosité dont je suis heureux de les remercier publiquement, m'ont fourni une lumière éclatante et continuelle. L'administration de l'Agriculture, toujours empressée de servir les efforts qu'elle juge ne devoir pas être absolument stériles, a mis à ma disposition la petite somme qui m'était encore nécessaire; enfin, j'ai trouvé dans les serres de la ville de Paris et du Muséum les plantes d'expériences.

Les expériences ont été disposées de telle sorte que quelques-unes de nos plantes fussent complètement soustraites à l'action des rayons solaires, et soumises seulement à l'influence de la lumière électrique; nous devrions tirer de l'état dans lequel seraient les plantes ainsi traitées un renseignement précieux sur l'efficacité de cette lumière. Cette première recherche est loin d'être inutile, car toutes les sources lumineuses n'agissent pas sur les végétaux de la même façon; leur action varie avec la nature des radiations qu'elles produisent; c'est ce que nous avons montré, M. Maquenne et moi, dans un mémoire publié récemment et dont il convient de rappeler les points principaux[1].

Les feuilles agissent sur l'atmosphère ambiante de deux façons opposées, suivant les conditions dans lesquelles elles sont placées : à l'obscurité, elles émettent de l'acide carbonique comme les pétales des fleurs, comme les racines, les bourgeons, le bois, comme tous les

1. *Annales agronomiques*, tome V, p. 401.

organes végétaux. Dans ces conditions leur rôle n'a rien de particulier; elles vivent à la façon des animaux, en consommant de l'oxygène et en émettant de l'acide carbonique. Cette émission croît avec la température; à la lumière, au contraire, les feuilles agissent tout autrement, elles s'emparent de l'acide carbonique aérien et le réduisent, émettant un volume d'oxygène sensiblement égal à celui de l'acide carbonique disparu.

Si une feuille exposée à la chaleur obscure est mal éclairée, elle émet de l'acide carbonique, le cas est simple; il se complique, au contraire, quand elle est exposée à l'action directe d'une source lumineuse. En effet, de cette source jaillissent à la fois des rayons lumineux et des rayons calorifiques, et on conçoit qu'on puisse obtenir des résultats opposés suivant l'énergie de l'une ou l'autre espèce de radiations. C'est ce que nous avons réussi à montrer, M. Maquenne et moi, par l'artifice suivant : nous employons comme source lumineuse, particulièrement riche en radiations calorifiques, la lampe de M. Bourbouze, c'est-à-dire une toile de platine rendue incandescente par une flamme de gaz alimentée par un puissant courant d'air et nous soumettons à son action une feuille placée dans une atmosphère renfermant de l'acide carbonique.

Pour éviter qu'une température trop élevée n'altère la feuille, nous plongeons le tube qui la renferme dans un manchon rempli d'eau, et nous constatons la décomposition de l'acide carbonique; une grande partie des radiations calorifiques a été retenue par l'eau qui s'échauffe, les radiations lumineuses dominent et déterminent l'émission d'oxygène. Remplaçons maintenant l'eau du manchon par du chloroforme aussi transparent que l'eau, mais se laissant bien mieux traverser qu'elle par la chaleur obscure, et nous assisterons au phénomène inverse; au lieu de voir les rayons lumineux exercer leur action réductrice, nous constaterons une émission d'acide carbonique due à l'échauffement de la feuille par les radiations calorifiques. Il n'est même pas besoin d'avoir recours aux sources artificielles pour être témoin de ce curieux renversement des fonctions des feuilles; qu'on en place quelques-unes dans un tube, et qu'on expose le tout à un ardent soleil de juillet, la température dans l'intérieur du tube s'élève à près de 50 degrés, et les feuilles émettent de l'acide carbonique. Qu'on place, au contraire, un tube semblable dans un jardin bien éclairé, mais à l'ombre, à l'abri par conséquent des radiations calorifiques qui, dans l'expé-

rience précédente, ont amené l'atmosphère du tube à une température élevée, et l'acide carbonique maintenu au contact des feuilles sera décomposé, la lumière diffuse aura suffi à déterminer sa réduction.

Si donc nous prenons, pour mesurer l'efficacité d'une lumière, l'énergie avec laquelle elle détermine la décomposition de l'acide carbonique, nous reconnaissons que cette efficacité variera avec les proportions relatives des diverses radiations émanées de la source.

Or, la lumière électrique dont nous allons examiner les effets est d'une nature toute particulière; elle renferme beaucoup plus de radiations très réfrangibles et beaucoup moins de radiations calorifiques que toutes les lumières artificielles que nous employons d'ordinaire, elle est beaucoup plus violette et beaucoup moins jaune que toutes les autres sources artificielles, et on ne saurait *a priori* dire si c'est là une condition avantageuse ou nuisible.

En effet, nous ignorons jusqu'à présent d'une façon complète quelles actions exercent sur les végétaux les rayons très réfrangibles qui agissent si vigoureusement sur le chlorure d'argent, et qui sont très bien absorbés par les dissolutions de chlorophylle. Nous savons seulement qu'ils ne sont pas assez riches en radiations calorifiques pour accomplir l'énorme travail nécessaire à la séparation de l'oxygène, de l'acide carbonique ou de l'eau; d'autre part, l'affaiblissement dans la lumière électrique des rayons jaunes efficaces pour accomplir ce travail sera peut-être fatal, peut-être au contraire avantageux, si leur proportion, encore suffisante pour exciter le phénomène de réduction, est devenue trop faible pour déterminer l'action inverse.

Il faut bien remarquer en outre que si la décomposition de l'acide carbonique est un des phénomènes les plus importants de la vie végétale, ce n'est pas le seul qui soit favorisé par les agents extérieurs.

Quand les hydrates de carbone, glycose, sucre, amidon ont été élaborés dans la feuille, il faut qu'ils se dissolvent, qu'ils se diffusent, qu'ils cheminent, jusqu'aux points où ils devront être employés; or, il est possible que ce soient les radiations chaudes qui favorisent particulièrement ce travail puisque nous voyons les jardiniers, pour forcer les plantes, sacrifier volontairement une partie des radiations lumineuses, en abritant les arbustes qu'ils veulent faire fleurir, des rayons directs du soleil, en les mettant sous des bâches où se con-

centre la chaleur obscure, où, par suite, la température s'élève considérablement.

Il est donc possible que la lumière électrique en partie privée de ces rayons calorifiques ne favorise que médiocrement cette migration des principes immédiats ; si ce résultat fâcheux, au point de vue des avantages immédiats à obtenir de la lumière électrique, se manifestait, il diminuerait ses chances d'être utilisée par les horticulteurs, car, si rien n'est plus facile que d'élever artificiellement la température d'une serre, on ne saurait suppléer aussi aisément à l'absence de chaleur rayonnante que déverse si abondamment le soleil, dans tous les cas, rien ne sera plus instructif, pour nous, que d'exposer ainsi des végétaux à ces radiations lumineuses et relativement froides, puisque nous pourrons distinguer l'action particulière qu'elles exercent sur les végétaux, et reconnaître si l'absence de radiations chaudes, si l'abondance des rayons réfrangibles n'ont pas de fâcheuse influence.

Le programme des expériences comportait en outre l'étude du second point indiqué plus haut, à savoir quels avantages ou quels inconvénients pouvait présenter l'éclairage continu, l'absence de repos nocturne.

Pour essayer de résoudre ces questions, il importait de soustraire complètement à l'influence des radiations solaires une partie des plantes d'expérience, de les maintenir exclusivement à l'éclairage électrique, et l'on divisa en deux compartiments la serre construite par M. Sohier.

Dans l'un, les vitres furent complètement noircies, puis, recouvertes ensuite d'une peinture blanche, afin d'augmenter par réflexion la lumière que devaient y recevoir les plantes ; les rayons solaires étaient donc complètement interceptés malheureusement ; pour permettre la circulation au public, il fallut établir une communication entre la serre aux vitres opaques et la serre aux vitres transparentes ; l'affluence des visiteurs fut telle que cette porte dut demeurer habituellement ouverte. L'irrégularité de cette disposition est au reste plus apparente que réelle, la lumière diffuse qui tombait sur la serre après avoir traversé le grand vitrage du palais était déjà très faible, et la quantité de lumière qui pouvait arriver jusqu'aux plantes en se réfléchissant sur le sol ne pouvait avoir sur leur développement aucune influence.

Les expériences réalisées dans cette serre présentent donc une

valeur réelle; la température, il est vrai, n'y est pas très constante : le soir elle s'élève beaucoup; le matin, au contraire, elle est assez basse, puisque les thermomètres y ont marqué, parfois seulement, 5 degrés au dessus de zéro; mais il ne semble pas que les plantes aient souffert de ces variations qu'elles supportent sur une bien plus grande échelle dans leur vie normale.

Le compartiment éclairé reçoit dans le jour la lumière diffuse, et la nuit la lumière électrique; toutefois, la lumière qui pénètre dans cette serre, après avoir traversé le grand vitrage du palais, puis celui de la serre, est elle-même très affaiblie, et les plantes qui y seront exposées présenteront sans doute cet aspect grêle qu'on remarque toutes les fois que la quantité de lumière dévolue au végétal est insuffisante; il était donc à craindre que, malgré l'action de la lumière électrique agissant pendant la nuit, le mauvais éclairage diurne ne laissât les plantes de cette serre dans un état inférieur à celui que présenteraient des plantes élevées tout simplement en plein air, et bénéficiant pendant le jour des rayons solaires; pour éviter cet inconvénient, on résolut de diviser les plantes de cette serre en trois séries : les unes restent constamment dans la serre, elles ont un mauvais éclairage diurne et l'éclairage électrique pendant la nuit; la seconde série passe la journée dehors et reçoit, la nuit, les rayons électriques; enfin la dernière série passe la journée dans la serre, en sort la nuit, et est ainsi soustraite à l'action des rayons de la lumière électrique.

On a gardé enfin au Muséum, dans les jardins, un certain nombre d'échantillons qui doivent servir de termes de comparaison avec les précédents.

En résumé, les plantes soumises aux expériences sont divisées en cinq séries.

1° Plantes recevant constamment, jour et nuit, la lumière électrique.

2° Plantes recevant le jour la lumière du palais de l'Industrie, et la nuit, la lumière électrique.

3° Plantes passant la journée en plein air, dans les jardins des Champs-Élysées, et la nuit, la lumière électrique.

4° Plantes recevant le jour la lumière affaiblie du palais de l'Exposition, et la nuit dans l'obscurité.

5° Plantes élevées normalement dans un jardin.

II

Première série d'expériences. — Emploi des lumières nues. — Influence fâcheuse des radiations électriques non modifiées.

Bien que l'exposition ait ouvert ses portes le 13 août, c'est seulement le 30 août que toutes les dispositions furent prises et que les serres furent éclairées.

Pendant la seconde quinzaine d'août, la serre aux vitres transparentes avait été garnie de végétaux, pour qu'elle n'eût pas un aspect trop abandonné ; on y avait placé des cannas, des reines-marguerites bien fleuries, et des belles-de-nuit ; leur séjour dans la serre n'était pas sans utilité, car il pouvait nous apprendre si l'éclairage du palais était suffisant pour que des plantes de plein air pussent se maintenir en bon état.

Après quelques jours, l'expérience fut convaincante : les reines-marguerites noircirent, se fanèrent peu à peu, les feuilles des cannas se tachèrent, les belles-de-nuit s'allongèrent, jaunirent, prirent l'aspect de plantes étiolées, de telle sorte qu'à la fin du mois, au moment où les lampes furent allumées, il fallut remplacer un grand nombre des plantes qui avaient séjourné au palais, du 13 au 30 août.

Les espèces soumises aux expériences pendant la première période d'éclairage furent, parmi les plantes de grande culture : l'orge et le lin, l'orge était épiée, le lin fleuri ; parmi les plantes d'ornement : des chrysanthèmes, des pelargoniums, des rosiers en assez mauvais état, des lilas appartenant presque tous à la variété Charles X, des cannas, des giroflées vulgaires ; en outre, on y adjoignit un certain nombre de végétaux empruntés aux serres de la ville de Paris : des camélias, des rhododendrons, des azalées, des deutzias, des hotteias, des ficus elastica et rubiginosa, des chamœrops de diverses variétés.

L'installation de l'éclairage avait été faite avec le plus grand soin, et elle réussit parfaitement. Bien que ce soit une rude épreuve à imposer à une machine que de la faire fonctionner d'une façon continue, les moteurs Otto, gracieusement prêtés par M. Chabert, les machines Gramme de M. Fontaine firent un excellent service ; les régulateurs fonctionnèrent également pendant toute la durée de

l'Exposition, sans qu'on fût obligé de faire le moindre changement dans aucune des parties de l'outillage. Les arrêts n'ont eu lieu que pour nettoyer et graisser les machines motrices, ou pendant les changements qui furent exécutés dans la serre à deux reprises différentes.

L'intensité lumineuse est difficile à préciser. Mon collaborateur, M. Maquenne, l'a étudiée avec soin, et il publiera prochainement les résultats qu'il a obtenus en employant une méthode imaginée par M. Janssen; on estime d'ordinaire à 2000 bougies l'éclairage produit par les machines employées; mais c'est là une estimation très superficielle et d'autant plus difficile à préciser que la qualité de la lumière électrique est plus différente de celle qui émane des lampes à huile et des bougies. Quoi qu'il en soit, si, la nuit, les serres éclairées par les régulateurs présentaient le plus merveilleux éclat, et attiraient un public extrêmement nombreux, qui paraissait prendre grand intérêt aux expériences et lisait les notes qu'on avait disposées dans les serres pour indiquer quels résultats on cherchait à obtenir : le jour, l'éclat des lumières pâlissait singulièrement et, bien que la serre ne fût pas dans une partie du palais très bien éclairée, en passant de la serre aux vitres transparentes dans la serre aux vitres opaques où la lampe électrique était constamment allumée, on n'éprouvait pas la sensation d'une vive lumière.

Le 6 septembre, après sept jours d'éclairage, l'action de la lumière électrique était visible, son influence avait été funeste à un grand nombre d'espèces, surtout dans la serre où elle agissait constamment.

Tous les pelargoniums avaient perdu leurs feuilles, les cannas étaient tachés, les belles-de-nuit flétries, les bambous noircis, mais l'effet le plus curieux s'était produit sur les lilas : toutes les parties des feuilles qui avaient reçu directement les rayons émanés de la source étaient teintées de noir, tandis que les parties protégées par les feuilles supérieures conservaient leur belle couleur verte, l'impression produite par les rayons électriques sur l'épiderme avait la netteté d'une épreuve photographique.

Le même effet se produisit sur les azalées et, à un moindre degré, sur les deutzias et les chrysanthèmes.

Habituellement l'épiderme seul était atteint. Mon ami, M. Vesque, voulut bien examiner les feuilles tachées; il reconnut que les cel-

lulesépidermiques étaient parfois noircies seulement à la surface ; parfois le protoplasma était contracté et mort, mais l'altération s'arrêtait à la file des cellules en palissades placées au-dessous de l'hypoderme. La netteté des impressions, l'état excellent de la partie des feuilles qui n'avait pas reçu les rayons directs indiquaient bien qu'il fallait rapporter les fâcheux effets observés à la lumière elle-même, et non aux vapeurs nitreuses qui se forment sans doute en petites quantités autour de l'arc électrique.

L'effet funeste de la lumière électrique avait été particulièrement sensible sur les plantes qui étaient constamment soumises à son action; cependant, les végétaux qui ne recevaient que la nuit la lumière électrique furent frappés également, mais à un moindre degré; les bambous y furent très sensibles, ils perdirent toutes leurs feuilles, restèrent toujours languissants et finirent par périr. Les azalées eurent leurs feuilles noircies, mais résistèrent; enfin les lilas qui passaient la journée dans les parterres des Champs-Élysées résistèrent beaucoup mieux.

L'influence fâcheuse de la lumière électrique fut plus marquée, au reste, sur les feuilles anciennes que sur celles qui se sont développées de nouveau; c'est ainsi que les pelargoniums qui avaient perdu toutes leurs feuilles en ont fait de nouvelles avec une très grande rapidité et celles-ci ont paru mieux résister; les lins qui avaient été amenés en fleurs au palais, ont continué à végéter; enfin de l'orge a fleuri dans la serre aux vitres opaques et y a accompli entièrement son évolution.

Cette première série d'expériences faisait voir nettement que la lumière électrique renferme des radiations nuisibles; renfermait-elle aussi les rayons efficaces pour déterminer la décomposition de l'acide carbonique, c'est ce que nous avons voulu reconnaître en plaçant dans les serres des flacons renfermant une dissolution d acide carbonique et des *Elodea canadensis*, plante aquatique qui convient très bien pour observer l'émission d'oxygène par la méthode de MM. Cloëz et Gratiolet.

Des flacons d'une capacité d'un litre reçurent les plantes, la dissolution carbonique, et furent fermés à l'aide de bouchons de caoutchouc munis de deux tubes; l'un, de 6 à 7 millimètres de diamètre, présentait une hauteur de 15 à 20 centimètres, affleurait la partie inférieure du bouchon; l'autre plongeait jusqu'au fond du flacon, il traversait le bouchon, puis se recourbait après avoir été

effilé : il était destiné à laisser écouler l'eau chassée par le dégagement du gaz.

Les appareils furent placés dans les serres le 10 septembre; le 12, celui qui était dans la serre opaque renfermait de 10 à 12 centimètres cubes de gaz. Celui, au contraire, qui ne recevait la lumière électrique que la nuit, n'avait rien donné; on le transporta dans la serre aux vitres opaques, et le 15 septembre, on mit fin à l'expérience, on procéda à l'analyse et on obtint les résultats suivants :

Pour le flacon qui avait séjourné d'abord dans la serre aux vitres transparentes, on a obtenu :

Acide carbonique	1cc,9
Oxygène	22 ,8
Azote	8 ,1
Gaz total	32cc,8

et dans la serre où l'éclairage électrique était continu :

Acide carbonique	3cc,3
Oxygène	26 ,7
Azote	17 ,8
Gaz total	47cc,8

Cette expérience conduisait donc à deux conclusions importantes :

D'abord, il était visible que la lumière solaire diffuse arrivant dans la serre transparente était trop faible pour provoquer la décomposition de l'acide carbonique par une plante immergée dans un flacon, puisqu'on n'a obtenu le dégagement de gaz que lorsque le flacon a été exposé directement à la lumière électrique. Il n'en faudrait pas conclure absolument que la lumière n'exerce aucune influence sur les plantes aériennes contenues dans la serre, mais on peut affirmer que cette action est très faible.

En outre, nous reconnaissons que, si la lumière électrique renferme des radiations nuisibles, elle renferme aussi des rayons efficaces pour déterminer la décomposition de l'acide carbonique; cette observation confirme donc celle qu'avait faite il y a douze ans M. Prilleux, mais elle montre également combien la lumière électrique est inférieure au soleil; en effet, par une belle journée d'été, on obtient facilement en une heure la quantité d'oxygène que nous avons péniblement recueillie à l'Exposition en plusieurs jours.

Vers le milieu de septembre, c'est-à-dire après une quinzaine de jours d'expérience, l'état général des plantes était devenu si mauvais que la nécessité de modifier les conditions d'éclairage devint évidente, et on résolut d'entourer les lampes d'un double cylindre de verre transparent dont le vide eût été rempli d'une dissolution de sulfate de quinine; on s'était même entendu avec M. Duboscq pour procéder à la construction de ces manchons protecteurs, quand on trouva dans le numéro du 19 septembre de l'*Agricultural Gazette*, un résumé de la communication faite quelques jours auparavant à l'Association britannique par M. W. Siemens.

Nous avons donné, dans le fascicule d'octobre des *Annales*, une traduction de ce mémoire, et nous n'y reviendrons pas; nous retiendrons seulement ici le point suivant : M. Siemens avait observé dans cette seconde série que la lumière électrique nue exerce une action fâcheuse sur les plantes, ce que nous trouvions également; mais il avait essayé, en outre et avec succès, de modifier la lumière en la faisant passer au travers d'un verre transparent.

Il y avait là une indication d'autant plus précieuse pour nous que nous pouvions nous procurer immédiatement des globes de verre, tandis que le cylindre que nous voulions employer ne pouvait être livré qu'après plusieurs semaines. M. l'ingénieur Fontaine, toujours disposé à nous venir en aide, voulut bien faire entourer nos régulateurs de globes de verre transparent, et on commença une seconde série d'expériences.

III

SECONDE SÉRIE D'EXPÉRIENCES. — Les lampes sont entourées d'un globe transparent. — La lumière ainsi modifiée cesse d'être nuisible. — Elle est insuffisante pour assurer la réussite des semis, mais capable de maintenir vivantes des plantes vigoureuses. — Aucune plante ne fleurit. — Expériences d'évaporation. — Interprétation des résultats obtenus.

Le 20 septembre commença la seconde série d'expériences; on enleva les plantes qui étaient en trop mauvais état, les cannas, notamment, disparurent complètement; on introduisit un plus grand nombre de plantes de serre, des kalmias, des pandanus, des aralias, des aspidistras, et, en outre, des plantes de grande culture, des maïs en pleine végétation, des lins fleuris, des chrysanthèmes en boutons; les plantes de serre entrées dès la fin d'août s'étaient

bien maintenues, elles furent conservées, ainsi que les lilas en boutons et les pelargoniums qui avaient refait des feuilles.

Pour reconnaître, au reste, quel était le degré d'efficacité de la lumière électrique, on introduisit dans la serre un grand nombre de semis de graines diverses : orge, avoine, pois, maïs, haricots, ricins, courges, qui sortaient à peine de terre.

Bien que ces jeunes plantes fussent exposées directement aux rayons lumineux dans la serre aux vitres opaques, aucune ne prospéra; les graminées devinrent bien vertes, s'allongèrent rapidedement, puis tombèrent; il en fut de même des pois; les jeunes feuilles de maïs présentèrent encore les taches noires qui s'étaient produites si souvent avec la lumière nue; les haricots résistèrent plus longtemps, mais ils ne firent que les feuilles primaires, puis s'arrêtèrent brusquement.

Ainsi, aucun des semis apporté dans la serre aux vitres opaques au moment où ils commençaient à sortir de terre ne réussit à se développer, ils prirent cet aspect allongé des plantes étiolées, se couchèrent et finirent par dépérir.

Les maïs en pleine végétation résistèrent au contraire, et quelques-uns restèrent dans la serre soumis à l'éclairage continu pendant deux mois sans périr, mais sans progresser, les feuilles nouvelles qui se développaient ne faisaient que remplacer celles qui s'étaient flétries.

Sur les rosiers apparurent lentement quelques feuilles nouvelles; les lilas conservèrent leurs bourgeons, qui ne faisaient que de lents progrès; les chrysanthèmes n'ouvrirent aucun bouton, le haut des tiges se flétrit, et une végétation vigoureuse et bien verte repartit du pied; les lins résistèrent longtemps, mais la maturation n'eut pas lieu, les tiges s'allongèrent beaucoup, restèrent vertes, firent des pousses nouvelles, les graines contenues dans les capsules étaient vides, aplaties, avortées. L'orge, au contraire, mûrit sa graine, et celle-ci, semée aussitôt, germa parfaitement.

Les pelargoniums n'ouvrirent aucun bouton à fleurs, mais furent bientôt couverts de feuilles nouvelles, montées à l'extrémité de pétioles très allongés.

Quant aux plantes à feuillage persistant, elles se maintinrent sans faire de progrès bien sensibles : les dracenas parurent les plus éprouvés; les camellias, les ficus, les aralias ne firent aucun progrès, mais ne dépérirent pas; les azalées donnèrent des bouquets

de feuilles nouvelles, et il en fut de même des rhododendrons dont les boutons à fleurs grossirent sans s'ouvrir.

Les élodeas apportés dans la serre aux vitres opaques donnèrent une moindre quantité de gaz que pendant la première expérience; la lumière était affaiblie par son passage à travers deux épaisseurs de verre, et, de plus, les plantes paraissaient à cette époque de l'année moins vigoureuses; on n'obtint, des flacons placés dans la serre aux vitres opaques, en huit jours d'éclairage continu, que 50 centimètres cubes de gaz dans l'un des flacons et 33 centimètres cubes dans l'autre; ces gaz étaient très chargés d'oxygène, ils en renfermaient 76 pour 100 dans un cas, 77 dans l'autre.

En résumé, dans cette seconde série d'expériences, on a observé les faits suivants :

1° La lumière électrique a été insuffisante pour assurer le développement de jeunes plantes en germination;

2° Elle a été suffisante pour que des plantes vigoureuses, en pleine végétation, aient pu vivre dans la serre aux vitres opaques, où elles recevaient jour et nuit les rayons émanés de l'arc électrique ;

3° Aucune des plantes, si ce n'est l'orge, n'a pu accomplir ses fonctions normales; la végétation a été purement foliacée, aucune fleur ne s'est ouverte.

Il reste maintenant à discuter les causes auxquelles il faut attribuer les faits précédents, et chercher à en tirer quelques conclusions.

Si nous rapprochons les faibles quantités de gaz fournies par les élodeas du dépérissement des plantes de semis, nous arrivons à cette conviction que l'éclairage a été trop faible pour déterminer l'élaboration d'une quantité notable de matière végétale. Les plantes sont soumises constamment à deux actions opposées : tandis que la respiration tend à leur enlever du carbone, les phénomènes d'assimilation leur permettent d'en gagner; or, l'assimilation n'a lieu que sous l'influence d'une lumière assez vive pour permettre la décomposition de l'acide carbonique; si la lumière est faible, l'assimilation se fait mal, et on conçoit que la respiration, non influencée par les mêmes causes, continuant d'agir, le poids de la plante diminue.

Si nous admettons que l'éclairage électrique a péché par manque d'énergie, nous comprenons en outre l'allongement des plantes de semis, la longueur des pétioles des feuilles des pelargoniums; car

ces allongements anormaux caractérisent toujours l'étiolement qui suit le manque de lumière.

Il reste à comprendre, en outre, comment aucune plante n'a pu arriver à maturité; comment aucun bouton ne s'est ouvert, comment le lin entré en fleurs à la serre, qui en plein air aurait mûri sa récolte en huit jours, est resté indéfiniment stationnaire, tellement que le 15 novembre, il en existait encore un pied couvert de feuilles vertes, tandis que les capsules ne renfermaient que des graines avortées.

Pour qu'une plante herbacée donne des graines normales, il faut que les principes immédiats élaborés dans les feuilles émigrent et s'acheminent vers les ovules fécondés; la maturation est essentiellement un phénomène de migration; or, pour que les principes immédiats solubles soient refoulés des feuilles inférieures aux feuilles supérieures, et du bas des tiges au sommet, il faut que ces feuilles inférieures se dessèchent, que les dissolutions s'y concentrent et que la diffusion conduise les matériaux solubles, des points où ils se trouvent en dissolutions concentrées à ceux où ils sont en dissolutions étendues.

Une autre cause intervient à coup sûr, et il y a longtemps que nous avons fait remarquer que l'insolubilité que présentent les principes immédiats contenus dans les graines pouvait servir à expliquer leur accumulation (*Comptes rendus*, 1869).

Mais, dès ces premières recherches, nous avions aussi évoqué, pour faire concevoir comment la migration a lieu, le phénomène d'évaporation et il était intéressant de rechercher si les radiations électriques étaient capables ou non de le provoquer.

La méthode la plus simple pour l'étudier dans les conditions spéciales où j'étais placé, est celle qui a été imaginée par Guettard au siècle dernier, et que j'ai remise en honneur il y a douze ans, sans me douter que je ne faisais que reprendre un procédé déjà employé. — On introduit la feuille dont on veut étudier l'évaporation dans un tube de verre fermé à l'une de ses extrémités, et on la fixe à l'aide d'un bouchon fendu; l'eau émise par la feuille vient se condenser sur le verre, et, après une exposition d'une demi-heure ou d'une heure, on enlève la feuille; on coupe la partie qui était dans le tube, on la pèse; on pèse enfin le tube avec l'eau qu'il renferme, on l'essuie intérieurement et on le pèse de nouveau : on peut ainsi calculer la quantité d'eau

émise par un certain poids de feuille en un temps donné.

Au soleil, les plantes herbacées émettent une quantité d'eau énorme; en une heure, une jeune feuille de blé donne un poids d'eau égal au sien; une feuille de maïs fournit parfois une fois et demie son poids d'eau.

A l'Exposition, on fit l'opération sur une feuille de maïs en bon état : elle pesait 1gr,181 ; elle donna en trois heures 0gr,080 d'eau.

C'est pour 100 de feuilles 6,7 d'eau évaporée, ou 2,2 pour une heure; une autre feuille pesant 1gr,056 donna dans le même temps le même poids d'eau que la précédente, c'est-à-dire 0gr,080, c'est 7,5 d'eau pour 100 de feuilles, et pour une heure 2,5.

Au soleil des feuilles semblables auraient donné cinquante fois davantage !

Il est donc évident que les rayons lumineux émanés de l'arc électrique déterminent dans les plantes une évaporation très faible; c'est, au reste, ce qu'il était facile de prévoir, car j'ai reconnu depuis longtemps que les rayons les plus efficaces pour déterminer l'évaporation sont ceux-là mêmes qui favorisent la décomposition de l'acide carbonique, c'est-à-dire les rayons jaune rouge, qui sont à la fois très chargés de radiations chaudes et très bien absorbés par la chlorophylle.

Quand ces rayons font défaut, l'évaporation n'a pas lieu, et les plantes conservent indéfiniment leurs feuilles vertes, la migration ne se produit pas, et on n'obtient ni fleurs ni graines mûres; c'est au moins ce qui a été observé sur les lins.

Mais ce n'est pas seulement le lin qui n'a pas mûri sa graine; nous avons indiqué plus haut que des chrysanthèmes apportées en boutons, que des pelargoniums également en boutons, qu'enfin des rosiers n'avaient pu fleurir; que les boutons étaient tombés, et qu'une abondante végétation herbacée avait reparu soit au bas de la plante, soit sur les rameaux, et il reste à concevoir quelles causes ont pu déterminer ces effets inattendus.

Il faut d'abord faire remarquer que les boutons de ces différentes plantes se sont flétris et sont tombés; ont-ils été atteints par des rayons nuisibles, ont-ils péri par suite du défaut de lumière, c'est ce qu'il est impossible de décider; mais il suffit de connaître leur disparition pour comprendre que les matériaux, accumulés dans les feuilles pour fournir à la floraison, restés sans emploi, ont été utilisés à former des feuilles nouvelles, qui sont ou bien reparties du

pied, ce qui a eu lieu dans les chrysanthèmes, ou bien des diverses parties de la tige, ainsi que cela s'est produit sur les pelargoniums. J'ai déjà eu occasion de constater un fait semblable sur de l'avoine qui avait été systématiquement étêtée.

Il ne faudrait pas croire cependant que la lumière électrique exerce toujours sur la floraison une action funeste ; en effet, l'orge a fleuri dans la serre aux vitres opaques, et y a mûri ses graines ; le 10 novembre, un aralia a fleuri dans cette même serre ; enfin une chrysanthème, qui passait la journée autour du bassin, mais qui était éclairée la nuit, a également fleuri.

Nous croyons donc que c'est tantôt à l'absence de radiations chaudes, tantôt à l'influence pernicieuse des rayons très réfrangibles sur les boutons à fleurs, ou encore à la faiblesse de l'éclairage qu'il faut attribuer les résultats très particuliers que nous avons constatés.

Quant à la seconde question que nous nous étions proposé d'étudier, à savoir : les plantes peuvent-elles supporter un éclairage continu ou bien, au contraire, ont-elles besoin de repos nocturne ? nous ne sommes pas en mesure de la résoudre d'une façon complète ; en effet, l'éclairage auquel les plantes ont été soumises était tellement inférieur à l'éclairage solaire, qu'on ne peut déduire des effets constatés à la serre, de ce qui aurait été obtenu si un éclairage nocturne puissant avait succédé à une exposition au soleil durant la journée.

Tout ce que nous pouvons affirmer, c'est que l'éclairage auquel nous avons exposé les plantes bien qu'il ait peu souffert d'interruptions, a plutôt péché par faiblesse que par excès, et que l'apparence qu'ont présentée nos végétaux a plutôt été celle de plantes étiolées que de plantes brûlées.

La faiblesse de notre éclairage électrique nous a empêché de constater nettement si la lumière nocturne serait avantageuse ou nuisible sur des plantes qui auraient été bien éclairées pendant le jour ; mais nous pouvons affirmer qu'il a été avantageux aux plantes qui recevaient dans le jour le mauvais éclairage du palais, car les plantes qui passaient la nuit dans la serre étaient en bien meilleur état que celles qui étaient enlevées le soir, et reléguées dans l'obscurité : c'est ce qui apparaît nettement dans le tableau de la page 572.

Cependant si l'azalée qui recevait la nuit la lumière électrique est resté vigoureux, bien que, pendant la première série des expé-

riences, il ait eu ses feuilles noircies, s'il a formé beaucoup plus de feuilles nouvelles que celui qui n'était pas éclairé; en revanche le bambou non éclairé a conservé ses feuilles très longtemps, tandis que celui qui recevait les radiations électriques les a perdues rapidement; les rosiers non éclairés ont paru longtemps en meilleur état que ceux qui avaient reçu les rayons électriques; enfin les ficus étaient sensiblement pareils des deux côtés.

Quant aux plantes qui, pendant toute la fin du mois de septembre et le commencement d'octobre, passaient la journée en plein air ou autour du bassin du palais, où l'éclairage est meilleur que dans la serre, leurs progrès n'ont pas été plus sensibles que ceux qu'on pouvait attendre de plantes qui auraient vécu dans les conditions normales; les chrysanthèmes se sont même moins bien comportées que celles qui sont restées dans les parterres du Muséum, tandis qu'à la fin d'octobre toutes celles de mon jardin se sont ouvertes, au palais une seule a donné quelques fleurs jaunes assez médiocres.

Ni les camellias, ni les kalmias, ni les rhododendrons, ni les azalées n'ont ouvert de boutons; l'expérience, il est vrai, a été interrompue assez vite, et avant qu'un temps suffisant se soit écoulé pour qu'il soit possible d'affirmer que les effets auraient été nuls si l'expérience eût été prolongée. Toutefois ces résultats négatifs sont d'autant plus fâcheux que c'est évidemment pour éclairer pendant la nuit des plantes qui auront reçu le jour les rayons solaires, que la lumière électrique pourrait être pratiquement employée.

La faiblesse des résultats obtenus pendant la seconde série d'essais nous a conduit à rechercher s'il ne serait pas possible d'augmenter la puissance de l'éclairage dont nous disposions. On pouvait procéder de deux façons différentes : ou bien doubler le nombre des lampes, ou bien rapprocher les plantes des lumières. C'est ce dernier procédé qui fut employé; on substitua aux gradins sur lesquels les plantes avaient été placées pendant les deux premières séries d'expérience des tables élevées d'un mètre; les végétaux y furent régulièrement disposés, et leur distance à la lampe fut diminuée environ de moitié.

IV

TROISIÈME SÉRIE D'EXPÉRIENCES. — Influence de l'éclairage sur l'orge en germination, sur les haricots, sur les pelargoniums, sur les chrysanthèmes, sur les plantes à feuillage persistant.

La troisième série d'expériences a commencé le 20 octobre, et les premiers résultats obtenus ne furent pas favorables. Dans la serre aux vitres opaques, se trouvaient deux pots de jeunes haricots semés pendant la durée de la seconde série; ces haricots n'avaient pas prospéré, ils avaient vidé leurs cotylédons, s'étaient beaucoup allongés, mais la croissance était arrêtée. Quand ils furent placés plus près de la lumière, ils dépérirent rapidement; les feuilles jaunirent, se tachèrent, et on résolut de sacrifier un des pots renfermant quatre individus. Les pesées exécutées après complète dessication montrèrent qu'il n'y avait pas eu de matière végétale élaborée, ou au moins que la perte par respiration avait surpassé le gain par assimilation.

On obtint des résultats analogues d'un semis de grains d'orge provenant de ceux qui avaient mûri dans la serre; ils commençaient à lever quand on modifia la disposition de la serre; ils continuèrent à végéter, s'allongèrent avec une rapidité considérable. Le haut de la tige était d'un vert intense, mais le bas, au contraire, restait blanc. Bientôt l'allongement fut tel que les tiges s'affaissèrent, tombèrent le long des parois, et on mit fin à l'expérience. Les pesées démontrèrent comme pour les haricots que les orges n'avaient pas fait de matière végétale, ou du moins que la respiration avait surpassé l'assimilation; les jeunes feuilles des pelargoniums ont été également atteintes, elles ont jauni, se sont frisées sur les bords, et ont dépéri. Sur ces plantes déjà très éprouvées, le rapprochement a été nuisible. Les giroflées vulgaires ont, au contraire, résisté comme dans les expériences précédentes. C'est à peine si, le 12 novembre, quelques jours avant la fermeture de l'Exposition et la fin des expériences, on pouvait constater sur quelques pieds des feuilles jaunies à l'extrémité.

L'azalée de la serre constamment éclairé par la lumière électrique a été atteint; les jeunes feuilles ont noirci sous l'influence des rayons violets, comme cela s'était présenté pendant la première

ÉTAT DES PLANTES GARNISSANT LA SERRE D'EXPÉRIENCES DE L'EXPOSITION D'ÉLECTRICITÉ, LE 8 NOVEMBRE 1881

NOMS DES ESPÈCES.	Nombre des pieds.	PLANTES RECEVANT NUIT ET JOUR LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE.	Nombre des pieds.	PLANTES PASSANT LA JOURNÉE DANS LA SERRE RECEVANT LA NUIT LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE.
Orge épiée.....	2	Ont jauni et mûri leurs graines.	2	Ont jauni et mûri leurs graines.
Giroflées.......	6	Bien vertes, de jeunes pousses au bas des tiges.	3	Assez bonnes, quelques pousses nouvelles.
Chrysanthèmes.	8	Sur plusieurs le haut des tiges s'est flétri, bonne végétation au pied, quelques boutons.	1	Beaucoup de feuilles noircies, une fleur avortée.
Lin...........	3	Restés verts longtemps, n'ont pas mûri leurs graines.	1	Encore vivant, pas de graines mûres.
Maïs géant....	3	Encore verts, des feuilles nouvelles, d'autres mortes	1	Mort.
Rosiers........	2	Des feuilles nouvelles bien vertes.	2	Quelques feuilles nouvelles, maigres.
Pelargonium zonale.......	5	Assez dégarnis, quelques feuilles nouvelles encore vertes.	1	Feuilles nouvelles rares.
Pelargoniums vulgaire.....			2	Beaucoup de feuilles, pétioles très allongés.
Bambous.......	2	Morts.	1	Feuilles très jaunes.
Rhododendrons.	1	En bon état, bien garni.	2	En bon état, beaucoup de feuilles nouvelles, quelques-unes un peu noircies.
Ficus elast ca..	1	En bon état, feuilles nouvelles.	1	En bon état.
Ficus rubiginosa.........	1	En bon état, quelques feuilles jaunies.	1	»
Azalées..	1	Des feuilles nouvelles, les anciennes noircies.	2	En très bon état, beaucoup de feuilles nouvelles.
Dracenas......	1	Un peu dégarni, feuilles tachées.	1	En bon état.
Camellias......	3	En bon état, beaucoup de boutons.	1	En bon état, beaucoup de boutons.
Pandanus......	1	Jaune taché.	1	En bon état.
Aspidistras....	1	Un peu jaune.	1	En bon état.
Aralias	1	En fleurs.	1	En fleurs.
Hotteia........		»	2	Feuilles nombreuses, jaunies par place.

ÉTAT DES PLANTES GARNISSANT LA SERRE D'EXPÉRIENCES DE L'EXPOSITION D'ÉLECTRICITÉ LE 8 NOVEMBRE 1881

NOMS DES ESPÈCES.	Nombre des pieds.	PLANTES PASSANT LA JOURNÉE DANS LA SERRE ET LA NUIT DANS L'OBSCURITÉ.	Nombre des pieds.	PLANTES PASSANT LA JOURNÉE EN PLEIN AIR OU AUTOUR DU BASSIN, RECEVANT LA NUIT LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE.
Orge épiée.....	2	Morte sans avoir mûri.	»	» »
Giroflées......	2	Un peu jaunes et dégarnies, peu de pousses nouvelles.	4	Un peu dégarni, des pousses nouvelles.
Chrysanthèmes.	2	Mortes.	5	Beaucoup de boutons, une fleur, jeunes feuilles au pied.
Lin...........	2	Mort.	1	Vivant, encore vert, pas de graines mûres.
Maïs géant...	1	Morts.	»	» »
Rosiers........	4	2 complètement dégarnis, 2 un peu dégarnis.	3	Très dégarnis, en mauvais état.
Pelargonium zonale.	1	Mort.	2	En bon état, pas de fleurs.
Pelargoniums vulgaires.	1	Morts.	2	En bon état.
Bambous......	1	Encore en bon état.	»	» »
Rhododendrons	1	En bon état.	1	En très bon état, beaucoup de feuilles nouvelles.
Ficus elastica.	1	En bon état.	1	En bon état.
Ficus rubiginosa.	1	En bon état.	1	En bon état.
Azalées.......	1	Un peu dégarni, pas de feuilles nouvelles.		
Dracenas... ..	1	En assez bon état.	1	Quelques feuilles jaunies.
Camellias......	1	En bon état, des boutons.	3	En bon état, des boutons.
Pandanus.....	1	En très bon état, le meilleur.	1	Un peu jaune.
Aspidistras....		» »	1	Très bon.
Aralias.......			2	Un bon, un taché, pas de fleurs.
Hotteia........	1	Mort.	1	En bon état, le meilleur.

série des expériences, quand les régulateurs n'étaient pas garnis de verres transparents.

Un des camellias, constamment éclairé par la lumière électrique, paraissait, le 12 novembre, devoir ouvrir un bouton assez rapidement.

Au reste, on jugera mieux de l'ensemble des résultats en consultant le tableau ci-dessus, dans lequel nous avons indiqué dans quel état se trouvaient les plantes de chacune des séries peu de jours avant la fin des expériences.

En examinant ce tableau, on reconnaîtra sans peine que les plantes qui n'ont pas reçu la lumière électrique ont beaucoup plus souffert que les autres, et que, par suite, l'influence de la lumière est loin d'être nulle; et ce résultat, constaté nettement par les milliers de visiteurs qui ont parcouru la serre, est de nature à faire comprendre comment M. W. Siemens s'est loué de l'emploi de la lumière électrique.

Dans sa seconde expérience, celle de 1881, les plantes ont été placées dans une bonne serre; elles ont reçu pendant le jour l'éclairage solaire, et pendant la nuit la lumière électrique. Il est clair que tout ce qu'a obtenu M. Siemens s'obtient ordinairement dans les serres; mais M. Siemens l'a obtenu plus rapidement. Il est malheureux que nous n'ayons pas le détail des expériences, car nous saurions quelle avance a donnée la lumière électrique, et on pourrait en déduire le degré d'utilité pratique qu'elle présente.

Son influence a-t-elle été très grande? nous l'ignorons, mais il nous est permis d'en douter. En effet, bien que nous ayons eu une lumière qui ne représentait que 2000 bougies, tandis que M. Siemens en avait 5000; bien que notre éclairage diurne n'ait pas été bon, tandis que le sien était celui qu'on utilise habituellement dans les serres, il paraît certain que si l'influence de l'éclairage nocturne était considérable, il aurait donné aux plantes de notre quatrième série une avance marquée sur celles qui vivaient dans les jardins, et c'est ce qui n'a pas eu lieu; les chrysanthèmes de l'Exposition ont été moins avancées que celles qu'on a pu voir dans tous les jardins, ce qui n'annonce pas que l'éclairage nocturne ait été très efficace.

La question de l'avantage que présente l'éclairage continu n'est donc pas élucidée par les expériences de l'Exposition. Les seuls points qui sont acquis nettement sont les suivants :

1° La lumière électrique émanée des régulateurs renferme des radiations nuisibles àla végétation;

2° La plupart de ces radiations fâcheuses sont retenues par un verre transparent;

3° La lumière électrique renferme assez de radiations favorables pour que des plantes de pleine terre aient pu continuer à végéter sous leur seule influence pendant deux mois et demi (30 août au 20 novembre);

4° La quantité de radiations favorables est trop faible pour que des semis aient pu prospérer, ou que des plantes adultes aient pu arriver à maturité.

Faut-il, devant ces faibles résultats, abandonner l'entreprise et conclure, contrairement à M. Siemens, que l'éclairage électrique ne pourra pas être utilisé? nous ne le pensons pas. Si la lumière émanée des régulateurs renferme beaucoup de radiations nuisibles, il en serait peut-être autrement des lampes à incandescence ou de la lampe soleil, dans laquelle la lumière émane d'un bloc de chaux porté au rouge blanc par le passage de l'arc électrique.

L'entreprise tentée est au reste singulièrement audacieuse; il s'agit, non plus de lutter contre des becs de gaz, des bougies ou des lampes à huile, mais contre le soleil lui-même, et on conçoit facilement que, du premier coup, on n'y ait pas réussi ; d'autant plus, qu'au lieu de demander à la lumière électrique de continuer l'action du soleil comme l'a fait M. Siemens, nous lui avons demandé de soutenir à elle seule la végétation; or, sous sa seule influence, pendant deux mois et demi, des plantes ont vécu : le fait a été mis sous les yeux de milliers de visiteurs, et il n'est pas inutile de l'avoir établi.

CULTURE DE LA BETTERAVE A SUCRE

PAR

A. LADUREAU,

Directeur de la station agronomique du Nord et du laboratoire de l'État.

Expériences de 1880.

Bien que nous ayons déjà exécuté à diverses reprises, depuis quelques années, des expériences sur la culture de la betterave à

sucre, analogues à celles dont nous allons rendre compte, nous avons cru néanmoins devoir les recommencer encore l'année dernière, d'abord parce que les lois de la production agricole ne peuvent être reconnues qu'après une longue série d'observations variées, puis, parce que beaucoup de cultivateurs sont encore persuadés qu'il ne leur est pas possible de faire de bonnes betteraves dans les terres fortes du Nord, qu'ils opposent souvent cette objection aux plaintes des fabricants de sucre, et qu'il importe, dès lors, de leur démontrer une fois de plus, que cette croyance est fausse, et qu'ils peuvent, aussi bien dans le Nord que partout ailleurs, produire des racines riches en sucre et d'un poids suffisamment élevé à l'hectare.

C'est ce qui ressortira nettement des études auxquelles nous nous sommes livré. Ces études ont porté sur les divers éléments de la culture de la betterave, à savoir : les engrais, l'écartement et la nature de la graine.

Notre champ d'expériences fut établi au milieu d'une grande pièce de terre bien homogène et isolée à une distance suffisante d'arbres, de maisons, etc., qui auraient pu influer sur les résultats; cette pièce fait partie du domaine de M. L. Heddebault, agriculteur et industriel à Houplin, près Seclin (Nord). ancien président du Comice agricole de Lille, qui nous a, en outre, donné ses soins et sa grande expérience agricole pour l'établissement et la culture de notre champ d'études.

Nous avons choisi la pièce de terre en question parce que, depuis plusieurs années, elle n'avait reçu aucune fumure et qu'elle se prêtait, par conséquent, fort bien à l'étude que nous voulions entreprendre de l'action de divers engrais complets et incomplets ; puis, parce que la terre de ce champ présentait le singulier cas d'être tout à fait privée d'acide phosphorique, ainsi que nous nous en sommes convaincu par plusieurs analyses exécutées avec les plus grands soins.

Ce phénomène est assez rare dans nos contrées, où la terre renferme généralement une assez grande quantité de phosphates, par suite de la nature même du sol et de l'emploi de fortes doses d'engrais *flamand* que nos cultivateurs y répandent depuis des siècles. On se l'explique néanmoins, quand on sait que le propriétaire du domaine, M. Heddebault, qui possédait une distillerie de betteraves depuis longtemps, avait la croyance que d'abondantes irrigations

pratiquées avec les vinasses provenant de son usine pouvaient suffire à entretenir indéfiniment, et sans aucun autre engrais, la fertilité de son sol.

Convaincu par l'expérience, par des pertes assez considérables, que ce mode d'engrais est tout à fait insuffisant, puisqu'il ne rend à la terre qu'une partie des éléments que les récoltes lui ont enlevés, la potasse et un peu d'azote, M. Heddebault vendit son matériel et transforma son usine en une fabrique d'engrais artificiels.

Nous avons donc sur son domaine certaines terres qui sont encore épuisées, sur lesquelles le blé verse chaque année et qu'on ne peut rétablir que par l'emploi de bons engrais complets renfermant surtout de l'azote et de l'acide phosphorique soluble. Si nous insistons autant sur ces détails, c'est qu'ils nous paraissent avoir une grande importance, au point de vue des terres pauvres ou épuisées qui se rencontrent en bien des points de notre territoire, et sur lesquelles l'influence des engrais phosphatés se fait sentir d'une manière marquée, tandis que, sur la plupart de nos terres fortement fumées, cette influence est, pour ainsi dire, nulle, ainsi que MM. Corenwinder, Pagnoul, et moi-même l'avons souvent reconnu et proclamé [1].

Nous verrons tout à l'heure l'heureux effet de l'acide phosphorique sur la betterave. En ce qui concerne le blé, j'appelle l'attention des agronomes sur ce fait très intéressant que la verse de cette céréale a cessé complètement sur les terres où elle se produisait presque inévitablement, à partir du moment où l'on y a introduit une certaine quantité de superphosphate de chaux, c'est-à-dire d'acide phosphorique à l'état soluble. L'emploi de cet engrais dans toutes les terres où la verse se produit facilement, amènerait probablement les mêmes résultats.

Voici la composition du sol de notre champ d'expériences, d'après la moyenne de plusieurs analyses que nous en avons faites, les prises d'échantillons ayant été prélevées jusqu'à la profondeur de 40 centimètres, en un grand nombre de points différents du champ :

Humidité	16.45
Matières organiques	2.78
Sable, argile, sels minéraux	80.77
	100.00

1. Voyez aussi sur ce sujet les travaux de M. Deherain et Meyer, *Ann. agron.*, t. V, p. 161; t. VI, p. 509.

Acide phosphorique	néant	
Azote ammoniacal	0.012	0,099
Azote organique	0.065	
Azote nitrique	0.022	
Potasse		0.035
Chaux		0.370
Magnésie		0.151
Alumine et oxyde de fer		3.259
Soude		0.084
Chlore		0.091
Acide sulfurique		traces

Comparaison des engrais azotés.

Nous avons expérimenté neuf engrais ne renfermant que de l'azote comme élément fertilisant. Tous ont été employés à dose égale d'azote par hectare, soit 200 kilogrammes.

Chaque parcelle d'expériences était exactement de 1 are et a reçu par conséquent 2 kilogrammes d'azote. Une parcelle fut réservée sans aucun engrais afin de servir de terme de comparaison. Outre les sels minéraux, tels que nitrates de soude et de potasse et le sulfate d'ammoniaque, on a employé des substances organiques azotées, le tourteau d'arachides, les déchets de laine, la laine et le cuir torréfiés, puis l'azotine, cette laine dissoute par l'action de la vapeur d'eau d'après un procédé dont nous avons donné ici même la description[1], et enfin une base organique que l'on extrait aujourd'hui en grande quantité par la calcination des vinasses de distillerie, chez M. Tilloy-Delaune à Courrières et que l'on nomme la triméthylamine. Ce corps qui existe toujours à l'état liquide est très riche en azote. Il en renferme 34,1 p. 100 de son poids à l'état pur et anhydre et répond à la formule C^6H^9Az. Tel que l'industrie le produit, il est sous forme d'un liquide brun, nauséabond, et renferme près de 10 p. 100 de son poids d'azote.

Les cultivateurs pouvant se procurer cet engrais à la source indiquée, au prix extrêmement modique de 1 fr. 50 le kilogr. d'azote, il nous a paru intéressant de rechercher si cet azote convenait aux plantes, et si l'emploi de cet engrais était réellement avantageux pour eux. En effet, la production de ce corps peut devenir considérable, le jour où tous les distillateurs auront adopté les

1. *Ann. agron.*, p. 28 de ce volume.

appareils et procédés Vincent, et l'agriculture pourrait utiliser prochainement dans une large mesure cette nouvelle source d'azote à bon marché et à l'état soluble.

Nous l'avons donc essayé comparativement avec les principaux engrais azotés employés jusqu'ici à cette production de la betterave à sucre.

On trouvera réunis dans le tableau suivant, les titres et quantités des engrais employés ainsi que les résultats obtenus, rapportés à l'hectare, pour plus de clarté.

TABLEAU I.

Nº D'ORDRE.	NATURE DE L'ENGRAIS EMPLOYÉ.	RICHESSE en AZOTE %.	POIDS à L'HECTARE.	RENDEMENT en poids DES BETTERAVES.	DENSITÉ du JUS A + 15°.	SUCRE PAR DÉCILITRE.	SELS	COEFFICIENT SALIN.	SUCRE à L'HECTARE.
			kil.						kil.
1.	Sans engrais.........	»	»	32.400	5°,1	10.16	0.95	10.6	3202
2.	Sulfate d'ammoniaque.	20.8	960	47.400	5°	9.64	0.93	10.3	4569
3.	Nitrate de soude.....	15.8	1265	54.800	5°	9.69	0.99	10	5310
4.	Nitrate de potasse....	13.38	1500	51.200	4°,9	8.58	1.04	8.2	4392
5.	Tourt. d'Arachides...	7.27	2750	52.400	5°,5	10.73	0.99	10.8	5622
6.	Poussières de laine...	4.54	4440	49.600	5°	9.93	0.98	10	4925
7.	Laine torréfiée.......	3.30	6660	50.100	5°,1	9.89	0.93	10	4954
8.	Cuir torréfié	6.07	3330	48.100	5° 5	11.09	0.86	12.7	5334
9.	Azotine.............	9.20	2170	60.100	5°,2	9.61	1.08	8.9	5775
10.	Triméthylamine.... .	9.56	2090	43.600	5°,1	10.11	1.01	10	4407

Les betteraves qui ont été employées pour nos essais sur les engrais et sur l'écartement, appartenaient à la variété Vilmorin-Brabant améliorée.

Les ensemencements ont eu lieu le 7 avril, sur chaume de blé sans fumier. Le mauvais temps ne nous permit pas de les arracher avant le 13 novembre. Elles ont donc eu sept mois de végétation.

La comparaison des chiffres du tableau ci-dessus montre que, toutes choses égales d'ailleurs et à dose équivalente d'azote :

1° La betterave préfère l'azote nitrique à l'azote ammoniacal.

2° La substitution de la potasse à la soude ne présente pas d'avantages, surtout dans des sols aussi riches en sels de potasse que celui sur lequel nous avons fait nos expériences. Le nitrate de soude, qui a, en outre, l'avantage de coûter beaucoup moins cher que le nitrate de potasse, a en effet donné une récolte plus abondante, de meilleure qualité, et a produit près de 1000 kil. de sucre à l'hectare, de plus que le nitrate de potasse. N'y aurait-il pas là un de ces phénomènes de pléthore que nous avons déjà constatés précédemment au sujet de l'emploi des doses élevées de superphosphates dans les terres riches en acide phosphorique? Le fait est assez intéressant et l'expérience demande à être recommencée sur un terrain pauvre en potasse.

3° Parmi les engrais à azote organique, c'est l'azotine et le tourteau d'arachides qui ont donné les meilleurs résultats, au double point de vue du rendement en poids et de la richesse en sucre. Aussi ne doutons-nous pas qu'un grand avenir soit réservé à cette nouvelle production industrielle; l'azotine renferme en effet tout son azote à l'état organique et immédiatement soluble dans l'eau; le prix du kilogramme d'azote n'y atteint que 2 francs : c'est donc une conquête précieuse pour l'agriculture.

4° Le cuir torréfié a produit une bonne récolte de betteraves assez riches et mérite par conséquent d'attirer l'attention des cultivateurs. Celui que nous avons expérimenté était torréfié par la vapeur surchauffée. Nous croyons que ce mode de préparation est infiniment meilleur, au point de vue industriel et surtout agricole, que la torréfaction à feu nu.

5° La comparaison des déchets de laine ordinaires et des mêmes produits torréfiés, a produit d'assez faibles différences à l'avantage des derniers. Ces engrais donnent de meilleurs résultats lorsque l'on peut les enfouir avant l'hiver.

6° La triméthylamine, quoique ayant donné des résultats très inférieurs à l'azotine, nous paraît néanmoins susceptible d'être utilisée avantageusement par la culture. Sa facile répartition, sa rapide assimilabilité, son bas prix en feront un précieux engrais.

Comparaison des engrais phosphatés.

Nous avons pris pour cette étude deux phosphates fossiles, l'un provenant des gisements des Ardennes, l'autre de ceux de la Bourgogne, puis un superphosphate et un mélange de ce superphosphate et de sulfate d'ammoniaque.

Nous avons mis de chacun de ces produits une quantité correspondant à 100 kilogrammes d'acide phosphorique à l'hectare.

Les betteraves employées et les procédés de culture étaient les mêmes que dans l'expérimentation précédente.

Dans le carré n° 5 on employa, outre les 750 kilogrammes de superphosphate, 960 kilogrammes de sulfate d'ammoniaque.

Voici les résultats obtenus :

TABLEAU II.

N° D'ORDRE.	ENGRAIS EMPLOYÉ.	RICHESSE en ACIDE PHOSPHORIQUE.	POIDS A L'HECTARE.	RENDEMENT en BETTERAVES.	DENSITÉ DU JUS A + 15°.	SUCRE PAR DÉCILITRE.	SELS PAR DÉCILITRE.	COEFFICIENT SALIN.	SUCRE PRODUIT à L'HECTARE.
			kil.						kil.
1.	Sans engrais.......	»	»	32.400	5°,1	10.16	0.95	10.6	3292
2.	Phosphate des Ardennes..........	34.8	280	33.800	5°,2	10.64	0.81	13.1	3596
3.	Phosphate de Bourgogne...........	20.5	340	33.400	5°,3	10.81	0.95	11.3	3610
4.	Superphosphate....	13.5	750	44.700	5°,1	10.20	0.90	11.3	4559
5.	Superphosphate et sulfate d'ammoniaque..	»	750	55.400	4°,8	9.47	0.87	10.8	5246

Les chiffres de ce tableau sont très éloquents. Ils montrent le peu d'action qu'exercent les phosphates fossiles même en poudre impalpable, même dans des terres où l'acide phosphorique fait défaut; mais par contre on reconnaît quelle influence favorable cet engrais produit lorsqu'on le donne à l'état soluble, état dans lequel il existe en partie dans les superphosphates.

En effet, l'emploi des phosphates fossiles (phosphate tribasique) n'a augmenté la récolte que d'une manière insignifiante : 1000 kilogrammes de betteraves en plus à l'hectare, tandis que la même quantité d'acide phosphorique à l'état soluble dans le superphosphate a produit un excédent de 12 000 kilogrammes de racines à l'hectare, et a produit 1200 kilogrammes de sucre de plus.

Le résultat produit par l'adjonction du sulfate d'ammoniaque est extrêmement net également. Ce sel azoté a élevé la récolte en betteraves de 11 000 kilogrammes sur la parcelle qui n'avait reçu que du superphosphate, et de 23 000 kilogrammes sur la parcelle sans engrais. Nous étudierons plus loin les conséquences de ces faits, au point de vue économique.

Comparaison des engrais complets.

Le carré 5 du champ précédent montre quel avantage il y a à employer dans la culture qui nous occupe des engrais renfermant les différentes matières fertilisantes qu'elle emprunte au sol. Nous devions donc pour compléter cette étude comparer entre eux un bon engrais complet naturel, le guano, et un engrais artificiel à différentes doses. C'est ce que nous avons fait.

Nous avons pris un bon guano de provenance authentique et renfermant 10 p. 100 d'azote et 8,40 p. 100 d'acide phosphorique outre une certaine quantité de potasse et de magnésie, et nous l'avons employé en même temps qu'un engrais artificiel préparé par M. Heddebault sous le nom d'engrais du Grand-Clos, renfermant une grande partie de son azote à l'état organique : azotine et cuir torréfié, et le reste à l'état de sels ammoniacaux et de nitrates. Voici, du reste, sa composition, d'après nos analyses :

Acide phosphorique	488
Potasse	426
Chaux	821
Matières organiques	4600
Azote	743
Humidité	1200

Cet engrais a été employé aux doses progressives de 1700 kilogrammes, 2 250 kilogrammes et 3000 kilogrammes à l'hectare.

Voici les résultats obtenus :

TABLEAU III.

NUMÉRO D'ORDRE.	NATURE de L'ENGRAIS.	QUANTITÉ EMPLOYÉE à L'HECTARE.	RENDEMENT EN BETTERAVES.	DENSITÉ DU JUS A + 15°.	SUCRE par DÉCILITRE.	SELS.	COEFFICIENT SALIN.	SUCRE PRODUIT à L'HECTARE.
		kil.						kil.
1.	Rien............	»	32.400	5°,1	10.16	0.95	10.6	3292
2.	Guano..........	2000	54.200	5°,3	10.43	0.96	11	5653
3.	Engrais du Grand-Clos...........	1700	58.400	5°,4	11.20	0.99	11.3	6540
4.	Engrais du Grand-Clos..........	2250	60.000	5°,1	10.75	0.95	11.3	6450
5.	Engrais du Grand-Clos..........	3000	58.600	5°	10.03	0.94	11.1	5877

L'examen comparé des résultats de la culture sans engrais avec ceux des carrés formés au guano et aux engrais artificiels montre que l'emploi du guano a élevé de 12 000 kilogrammes le rendement brut à l'hectare et de 2 400 kilogrammes le sucre produit.

Ce qui prouve bien que l'on peut remplacer cet excellent engrais que nous allons chercher à grand frais en Amérique par d'autres produits que nous fabriquons chez nous en tirant parti de nos résidus, c'est l'augmentation de récolte produite par l'engrais complet dit du Grand-Clos, dont les conséquences ont été encore plus avantageuses que celles du guano sur la récolte des betteraves, puisque celle-ci s'est trouvée accrue de 16 000 kilogrammes à l'hectare avec un excédent de production en sucre de 3200 kilogrammes pour la dose la moins élevée d'engrais, soit 1700 kilogrammes à l'hectare. Ces avantages sont encore beaucoup plus marqués avec la dose de 2250 kilogrammes à l'hectare. La production des racines a presque doublé : 60 000 kilogrammes au lieu de 32 400; la quantité de sucre également : 6450 kilogrammes au lieu de 3292.

Mais voici un fait intéressant sur lequel il est bon d'appeler encore l'attention des cultivateurs qui se livrent à la culture intensive et

abusent parfois des engrais. Lorsque l'on dépasse cette quantité élevée de 250 kilogrammes d'engrais artificiel à l'hectare la récolte n'augmente plus, la quantité de sucre non plus, au contraire ; de sorte qu'ayant employé plus d'engrais, on récolte moins de racines et l'on produit moins de sucre. Le précepte latin « *ne quidnimis* », rien de trop, trouve donc encore ici son application. Donnons donc aux plantes ce qu'il leur faut, mais n'allons pas au delà, et ne cherchons pas, en exagérant la dose d'engrais outre mesure, à produire des récoltes anormales ; car outre que nous ne pourrions faire ainsi que des produits médiocres ou mauvais, nous courons le risque de diminuer en même temps l'importance de ces produits.

Rapprochement des plants.

On a employé pour cette étude la graine Vilmorin améliorée. La fumure fut donnée au moyen de 2250 kilogrammes à l'hectare d'engrais du Grand-Clos bien uniformément répandu.

Les lignes de betteraves furent toutes laissées à 0m,40 d'intervalle l'une de l'autre. L'écartement des racines dans la ligne fut varié de 0m,20 à 0m,50. Ce sont les limites extrêmes adoptées par les cultivateurs qui exagèrent le rapprochement où l'éloignement des pieds. Nous voyons par les résultats ci-après que si l'exagération du rapprochement doit être évitée, parce qu'elle diminue le rendement en poids à l'hectare, le trop grand espacement des pieds est encore beaucoup plus funeste, non seulement au fabricant de sucre, mais encore au cultivateur.

TABLEAU IV.

Nº D'ORDRE.	ÉCARTEMENT.	NOMBRE DE PIEDS PAR mètre carré	RENDEMENT à L'HECTARE.	DENSITÉ du JUS.	SUCRE %	SELS %	COEFFICIENT SALIN.	SUCRE PRODUIT à L'HECTARE
	m.							kil.
1.	0.20	16	54.400	5°,3	11.05	0.77	13.4	6011
2.	0.30	12	58.400	4°,5	8.01	1.04	7.7	4677
3.	0.40	8	50.200	4°,7	8.24	0.97	8.3	4136
4.	0.50	4	43.700	4°,7	8.74	0.99	8.8	3819

On doit donc préconiser pour la culture de la betterave à sucre le rapprochement des pieds, de manière à avoir de 10 à 12 racines par mètre carré, ce que l'on obtient avec des lignes distantes de $0^m,40$ et des betteraves à $0^m,25$ l'une de l'autre dans les lignes. C'est ainsi que l'on a les rendements les plus élevés et les qualités les meilleures, sans augmenter la difficulté du travail de la culture et de l'arrachage de ces racines. Cette conclusion est conforme à celles de toutes les expériences que d'autres agronomes et nous-même avons déjà faites depuis dix ans.

Choix de la graine.

Il y a encore un certain nombre de cultivateurs qui ne croient guère à l'influence que le choix de la graine peut exercer sur la qualité de leurs betteraves, et qui pensent que cette qualité dépend uniquement des soins de culture et de la dose d'engrais employés. Pour démontrer de nouveau le peu de fondement de cette opinion, nous avons semé dans des conditions identiques de fumure, de rapprochement et de soins culturaux, différentes espèces de graines provenant les unes des planteurs du pays, graines qui produisent généralement des rendements élevés et des racines de médiocre qualité, puis les différentes espèces que produit la maison Vilmorin. Les différences que l'on remarquera dans le tableau où nous avons réuni les résultats de ces essais, ne sont pas aussi marquées, aussi importantes que l'on aurait pu s'y attendre, à cause des conditions exceptionnellement défavorables qui ont présidé à la croissance et à la maturation de la betterave l'année dernière (1880). On se rappelle, en effet, que la pluie n'a guère cessé de tomber durant les mois de septembre et d'octobre, de sorte que les bonnes graines ont perdu sous cette fâcheuse influence une partie des qualités qui les distinguent habituellement, au point de vue surtout de la richesse saccharine des racines auxquelles elles donnent naissance. Grâce au rapprochement des racines qui ont été mises à $0^m,20$ l'une de l'autre pour toutes les graines expérimentées, les mauvaises betteraves produites par les planteurs du pays, n'ont pas eu de ces densités déplorables, de ces pauvretés en sucre, que nous avons eu si souvent l'occasion de constater l'année dernière, chez la plupart des cultivateurs qui suivent encore les anciens errements. Il en est donc résulté que les différences entre

les produits des bonnes et des mauvaises graines n'ont pas été aussi sensibles que dans une autre année, où la betterave aurait végété régulièrement et mûri dans de bonnes conditions. Ceci prouve une fois de plus que si les cultivateurs prenaient toujours dans leurs cultures les précautions que la science leur indique, s'ils voulaient adopter toujours les meilleures méthodes, au lieu de suivre aveuglément la routine et les pratiques anciennes, ils pourraient bien souvent atténuer dans une large mesure les conséquences fâcheuses pour eux des phénomènes météorologiques qui ont une si puissante influence sur les résultats obtenus.

TABLEAU V.

N° D'ORDRE.	NATURE de la GRAINE.	RENDEMENT à L'HECTARE.	DENSITÉ du JUS.	SUCRE °/°	SELS °/°	COEFFICIENT SALIN.	SUCRE à L'HECT.
				gr.	gr.		kil.
1.	Graine D..........	62kil.900	4°,4	9.13	0.85	10.6	5742
2.	Graine Mul.........	67 400	4°,5	8.82	1.05	8.4	5944
3.	Graine Mail........	61 400	4°,7	8.41	1.08	7.8	5163
4.	Graine Brabant.....	57 500	5°	10.03	0.86	11.6	5927
5.	Vilmorin améliorée.	60 000	5°,7	11.73	0.81	13.9	7038
6.	Id. Brabant c. vert.	57 300	5°,6	11.33	0.85	13.1	6492
7.	Id. c. rose........	53 700	5°,1	10.46	0.81	12.9	5627
8.	Id. blanche c. gris..	55 200	5°,1	10.04	0.90	11.1	5542
9.	Id. allemande acclimatée...........	54 000	5°	10.00	0.80	12.6	5400
10.	Vilmorin rose hâtive.	50 500	5°,2	10.43	0.82	12.7	5267

Les graines produites par les planteurs du pays qui n'y consacrent aucun des soins nécessaires, ont produit, comme on le voit, des betteraves à rendement plus élevé, mais de richesse moindre, que celles provenant des graines convenablement préparées par la maison Vilmorin. La graine Vilmorin améliorée (n° 5) a produit près de 2000 kilogrammes de sucre à l'hectare de plus que la graine n° 3 de M. Mail..... Son poids à l'hectare a été presque aussi élevé, et la betterave qu'elle a engendrée renferma plus de 3 p. 100 de sucre en plus que l'autre, ce qui démontre bien la grande

influence que peut exercer la nature et la qualité de la graine dans la culture de la betterave, et l'intérêt qu'ont les cultivateurs de n'employer à cette production que des graines de choix aussi bien préparées que possible, même en les payant beaucoup plus cher que les graines médiocres, dont ils se servent le plus souvent.

C'est surtout lorsque le mode d'achat et de vente des betteraves à la densité aura été généralement adopté, que les agriculteurs reconnaîtront par eux-mêmes la vérité des faits que nous leur annonçons depuis de longues années, et c'est alors seulement qu'on pourra dire que la sucrerie française a échappé au péril qui menace de l'atteindre et de la faire sombrer prochainement, malgré les efforts des hommes de science qui cherchent à défendre cette belle industrie contre les coups répétés que lui portent la concurrence étrangère, ainsi que l'incurie, l'ignorance, la routine des cultivateurs qui doivent l'alimenter.

ESSAI DES PHOSPHATES FOSSILES

SUR UNE TERRE ANCIENNEMENT CULTIVÉE, PAUVRE EN ACIDE PHOSPHORIQUE

Par M. L. GUILLAUME
Directeur de l'école de jardinage de Villepreux.

Dans les *Annales agronomiques* de décembre 1880, notre savant et cher maître, M. Dehérain, publiait un mémoire sur « *l'état de l'acide phosphoriqué dans la terre arable* ».

De ce travail, auquel nous renverrons les lecteurs qui prendraient intérêt à cette question, on déduisait les conclusions suivantes :

La plupart des terres anciennement cultivées renferment assez d'acide phosphorique assimilable pour qu'il soit inutile d'en ajouter quand ces terres reçoivent les fumures habituelles de fumier de ferme.

Quand une terre renferme moins de $0^{gr},4$ d'acide phosphorique par kilogramme, l'addition de phosphates paraît devoir être avantageuse.

Nous ne donnons toutefois, ajoutait M. Dehérain, ce dernier chiffre que comme présentant une première approximation, les études ultérieures conduiront peut-être à le modifier.

Aussitôt après cette publication, l'occasion de vérifier cette opinion nous fut offerte par l'analyse d'une terre provenant de notre propriété sise à Naraucourt (Ardennes).

Le sol argilo-siliceux appartenant au premier étage du terrain jurassique est anciennement cultivé avec de fortes doses de fumier de ferme, et il contient une assez grande proportion d'oxyde de fer.

Nous y avons dosé l'acide phosphorique par la méthode bien connue de M. de Gasparin, employée au laboratoire de Grignon, en prenant la précaution indiquée par M. Maquenne, d'ajouter de l'acide sulfurique pour empêcher la formation d'un silicate de chaux, et en terminant le dosage par l'acétate d'urane; nous avons trouvé seulement $0^{gr},50$ d'acide phosphorique par kilogr. de terrre.

La recherche de la chaux a donné 3,61 p. 100.

L'azote total par la chaux sodée a été reconnu de 2,06 p. 1000.

Sur un terrain de cette nature, nous nous sommes proposé d'étudier l'influence des phosphates fossiles; ceux que nous avons employés provenaient de l'Auxois et titraient 24 p. 100 d'acide phosphorique; tous frais compris, leur prix a été de 70 francs les 1000 kilogrammes.

Pour exécuter nos expériences, un champ bien exposé a été partagé en quinze parcelles d'un are. Ce champ avait une constitution homogène et avait été cultivé d'un seul tenant les années précédentes, de telle sorte que, pour toutes les parcelles, l'arrière-fumure était uniforme. Il a reçu les mêmes façons dans toute son étendue; les engrais ont été appliqués en couverture le même jour, à chacune des parcelles, en une fois au printemps dernier. Afin de faciliter l'étude de notre travail, nous consignons dans les tableaux suivants le résultat de nos recherches, et nous rapportons tous les nombres à l'hectare.

CULTURE DU BLÉ.

(Blé de Bordeaux.)

NUMÉRO D'ORDRE.	DÉSIGNATION des ENGRAIS.	RENDEMENT en PAILLE.	RENDEMENT en GRAINS.	POIDS de L'HECTOLITRE.
		kil.	hect.	
1.	Témoin............	4900	9.80	72 kil.200
2.	15000 k. fum. ferme.	5600	22	72 550
3.	15000 kil. fumier et 1000 k. phosphate.	5700	24	73 350

CULTURE DE L'AVOINE.

(Avoine jaune de Flandre.)

NUMÉRO D'ORDRE.	DÉSIGNATION des ENGRAIS.	RENDEMENT en PAILLE.	RENDEMENT en GRAINS.	POIDS de L'HECTOLITRE.
		kil.	hect.	
	Témoin............	4900	60	43 kil,400
5.	15000 kil. fumier de ferme...........	5900	74	44
6.	15000 kil. de fumier 1000 kil. phosphat.	5950	76	44 700

Pour le blé et l'avoine, l'addition des phosphates a donné un rendement plus élevé très appréciable ; mais, si l'on examine la question au point de vue économique, qui a toute son importance en matière de spéculation, il faut constater que la dépense supplémentaire n'est pas couverte par l'augmentation de récolte. Afin de tirer une conclusion exacte, il faudrait attendre le résultat de plusieurs années, car l'efficacité d'un engrais ou d'un amendement ne se fait pas toujours sentir dès la première année.

CULTURE DU MAÏS FOURRAGE.

NUMÉRO D'ORDRE.	DÉSIGNATION des ENGRAIS.	RENDEMENT	OBSERVATIONS.
7.	Témoin	15 kil.200	Semés en ligne le 13 avril.
8.	15000 kil. fumier.......	17 360	Récolte en vert le 22 août.
9.	15000 kil. fumier et 100 kil. phosphate..	17 800	

Le fumier de ferme étant l'aliment de préférence du maïs fourrage, ainsi qu'on a pu s'en convaincre au champ d'expériences de Grignon, en 1878, nous ne sommes pas surpris du peu d'influence des phosphates. Le rendemeut des trois parcelles est très faible ;

mais notre sol était dans une condition défavorable pour cette culture, qui exige de l'humidité et une forte fumure antérieure pour permettre au maïs de dépenser, pendant sa rapide croissance, cette énorme quantité d'eau que l'on sait lui être nécessaire.

CULTURE DES POMMES DE TERRE.

NUMÉRO D'ORDRE.	DÉSIGNATION des ENGRAIS.	RENDEMENT	OBSERVATIONS.
		hect.	
10.	Témoin................	160	Tubercules les moins atteints par la maladie..
11.	15000 kil. fumier ferme.	265	Tubercules les plus attaqués par la maladie..
12.	15000 kil. fumier et 1000 kil. phosphate.......	240	Tubercules moins attaqués par la maladie..

Il y a peu de récoltes qui donnent des produits plus variables que les pommes de terre; et, comme le mois de juillet a été très sec, nous avons été encore ici dans de mauvaises conditions.

Le fumier de ferme, qui conserve dans le sol une certaine dose d'humidité, a été très efficace dans la parcelle n° 11, qui a donné le plus fort rendement, mais dont les tubercules étaient très attaqués par la maladie. Les phosphates sembleraient avoir préservé les tubercules de la pourriture.

CULTURE DES BETTERAVES.

(Vilmorin améliorées.)

NUMÉRO D'ORDRE.	DÉSIGNATION des ENGRAIS.	RENDEMENT	POIDS de 100 BETTERAVES.
			kil.
13.	Témoin................	26kil.400	44
14.	15000 kil. fumier......	27 600	46
15.	15000 kil. fumier et 1000 kil. phosphate.......	27 900	46

Ici, l'année encore n'a pas été favorable à cette culture sur laquelle les phosphates n'ont pas eu d'action; nos betteraves étaient espacées à 40 centimètres en tout sens, et nous avons employé à dessein les Vilmorin améliorées, pour voir s'il y avait avantage à introduire cette espèce dans le département des Ardennes, qui a quintuplé sa surface consacrée aux betteraves depuis l'établissement de nombreuses sucreries.

De 50 millions de kilogrammes de racines qu'était la production il y a une vingtaine d'années, elle est montée à 200 millions de kilogrammes valant quatre millions de francs et donnant 40 à 50 millions de pulpes.

La betterave de Silésie, collet rose ou vert, acclimatée par les producteurs de graine, est celle que l'on cultive généralement; nous lui avons consacré une parcelle de notre champ d'expérience, et nous avons obtenu avec le fumier de ferme un rendement élevé de 50 000 kilogrammes à l'hectare : d'où la conclusion immédiate qu'il est plus avantageux d'employer la betterave de Silésie que celle Vilmorin, tant que les fabricants de sucre ne payeront pas suivant la richesse saccharine.

En résumé de nos recherches, il résulte que, dans un sol comme le nôtre, anciennement cultivé avec de fortes doses de fumier de ferme contenant seulement $0^{gr},4$ d'acide phosphorique, l'addition de phosphates fossiles n'est pas assez avantageuse pour en conseiller l'emploi, car la dépense n'est pas couverte. Il reste à reconnaître maintenant si des phosphates employés à l'état de superphosphates n'exerceraient pas une influence plus avantageuse, c'est ce que nous comptons essayer dans la saison prochaine.

Qu'il nous soit permis d'exprimer ici un vœu, celui de voir se répéter dans chaque département ces expériences entreprises le plus souvent dans les stations; elles auraient bien leur utilité, car elles feraient connaître aux cultivateurs la nature des terres qu'ils ensemencent, leurs exigences en principes nutritifs et le choix à faire parmi les engrais à appliquer aux diverses récoltes; ils s'appuieraient alors sur une base aussi solide qu'indispensable pour accroître la fertilité de leurs champs.

NOTICES NÉCROLOGIQUES

Jamais une année n'aura été plus fatale à la science agricole que celle qui vient de s'écouler. En quelques mois, nous avons perdu le vénérable doyen de l'industrie sucrière, M. Dubrunfaut, qui a rendu tant de services à l'art du distillateur et à celui du fabricant de sucre; puis, M. Isidore Pierre, doyen honoraire de la Faculté des sciences de Caen; deux hommes, enfin, dans la force de l'âge, frappés en pleine vie, en plein travail : à Nantes, l'élégant écrivain, le brillant professeur qui dirigeait l'École des sciences, M. Adophe Bobierre, et à Montpellier, M. Camille Saint-Pierre auquel l'École d'agriculture doit son rapide développement et sa prospérité naissante.

Isidore Pierre, Bobierre et Camille Saint-Pierre étaient les collaborateurs de ce recueil qui obéit à un devoir étroit en consacrant quelques pages à l'étude de leurs travaux ; enfin bien que nous n'ayons pas eu l'honneur de rien publier de M. Dubrunfaut, nous devions rappeler les immenses services qu'il a rendus à l'agriculture du Nord, et nous avons prié notre ami M. Durin, qui a été en relations pendant de longues années avec M. Dubrunfaut, de rappeler les points principaux de cette vie si glorieusement remplie.

ISIDORE PIERRE

PAR M. P.-P. DEHÉRAIN

« Joachim-Isidore Pierre naquit à Buno-Bonnevaux (Seine-et-Oise), le 14 novembre 1812, d'une honorable famille de cultivateurs. Les premières années de sa jeunesse passées dans une exploitation agricole, au milieu des travaux des champs auxquels il participa lui-même, ont probablement décidé de la direction qu'il donna plus tard à ses travaux de chimie.

» Après avoir fait de solides études qu'il commença très tard au collège de Fontainebleau et qu'il continua à Henri IV, tout en étant répétiteur à la pension Barbet, M. Pierre fut admis au grade de bachelier ès lettres le 10 janvier 1832 ; il suivit pendant deux ans, en qualité d'élève externe, les cours de l'École polytechnique et obtint, en 1836, le grade de bachelier ès sciences mathématiques;

l'année suivante, il était reçu licencié ès sciences physiques et, huit ans plus tard, il conquérait son diplôme de docteur.

» C'est en remplissant les fonctions de préparateur de physique et de chimie au collège Henri IV, du 15 mai 1837 au 31 mars 1839, que M. Pierre aborda la carrière de l'enseignement. Ses services universitaires furent alors interrompus, pendant un an et demi, pour motifs de santé; puis nous le retrouvons préparateur de Regnault au Collège de France, du 15 août 1840 au 8 octobre1 842, et, de cette époque au 24 novembre 1846, c'est-à-dire pendant quatre ans, aide-chimiste au laboratoire de l'École des mines.

» Les connaissances étendues qu'il avait acquises dans ces diverses fonctions, le talent d'observateur et d'analyste dont il avait fait preuve, lui firent confier, en novembre 1846, la suppléance de la chaire de chimie à la Faculté des sciences de Bordeaux. Les succès obtenus par le jeune professeur lui valurent d'être chargé, le 24 septembre 1847, de la chaire de chimie à la Faculté des sciences de Caen, devenue vacante par la mort de Thierry. La succession était difficile à recueillir; il s'agissait de remplacer un chimiste distingué et un professeur émérite. M. Pierre fit bientôt voir qu'il était à la hauteur de la position à laquelle il avait été appelé, et, le 20 mars 1849, le ministre de l'instruction publique le nommait titulaire de la chaire.

» En novembre 1866, M. Isidore Pierre était délégué dans les fonctions de doyen et, le 28 janvier 1867, nommé doyen titulaire, fonction qu'il a exercée jusqu'au 24 décembre 1879. A cette époque, obéissant à d'honorables scrupules, il se crut obligé de résigner en même temps ses doubles fonctions de professeur et de doyen. Depuis lors, M. Pierre est encore resté attaché à la Faculté par les liens de l'honorariat. »

Telles sont les paroles par lesquelles l'éminent orateur qui adressait un suprême adieu à M. Isidore Pierre rappelle brièvement les traits principaux de sa carrière, mais l'histoire d'un savant ne se résume pas seulement dans l'énumération des places qu'il a occupées et des distinctions qu'il a obtenues, elle est inscrite jour par jour dans les travaux qu'il laisse après lui.

De 1845 à 1880, pendant trente-cinq ans, M. Isidore Pierre toujours au travail, a abordé les sujets les plus variés. Physicien d'abord quand il était au Collège de France, chimiste plus tard, agronome enfin quand il fut établi en Normandie, il a enrichi nombre

de recueils de mémoires importants, et persuadé en outre qu'il ne suffit pas à un ami de l'agriculture, d'enfouir ses recherches dans des recueils scientifiques peu accessibles à la masse du public, M. Isidore Pierre s'est toujours astreint à résumer ses travaux dans des ouvrages élémentaires, à bas prix, d'une lecture facile et qui ont obtenu le plus légitime et le plus brillant succès.

A sa *Chimie agricole* qui a été réimprimée cinq fois, s'ajoutent les trois volumes d'études théoriques et pratiques d'agronomie, puis ses études sur les céréales, sur l'alimentation du bétail, sur la valeur nutritive des fourrages, etc.; c'est dans ses nombreux ouvrages et plus encore dans les *Annales de chimie et de physique*, dans les *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences*, dans les *Annales agronomiques* enfin, que nous trouverons les éléments du résumé que nous tentons d'écrire aujourd'hui.

Le premier volume des *Études théoriques et pratiques d'agronomie et de physiologie végétales*, débute par un mémoire important intitulé : *Recherches sur les proportions d'azote combiné qui peuvent se trouver dans les différentes couches du sol, soit à l'état de matières organiques, soit à l'état de composés autres que les nitrates*. Ce travail, inséré dans le *Bulletin de la Société d'agriculture de Caen* de 1859, a été également publié par extrait dans les *Comptes rendus de l'Académie*, t. XLIX, p. 71. L'auteur ayant prélevé des échantillons de terre dans la plaine de Caen à diverses profondeurs, depuis la surface jusqu'à 1 mètre, y décèle une proportion d'azote combiné considérable : de $1^{gr},732$ par kilogr. dans la couche superficielle, la proportion descend à $1^{gr},008$ dans la couche prélevée de 25 à 50 centimètres; elle est de $0^{gr},765$ dans la troisième couche de 25 centimètres, et de $0^{gr},837$ dans la quatrième prise de 75 centimètres à 1 mètre. En multipliant ces chiffres par le poids de terre qui couvre un hectare jusqu'à la profondeur de 1 mètre on y trouve 20 000 kilogrammes d'azote combiné.

On pouvait craindre que ces résultats ne fussent fortuits et qu'on fût tombé par hasard sur une terre d'une richesse exceptionnelle; pour s'en assurer M. Isidore Pierre analyse une nouvelle série d'échantillons prélevés sur le sol de la plaine de Caen où il a installé ses expériences de culture. Il trouve encore des chiffres analogues.

Tous les travaux publiés depuis sont venus confirmer les analyses de M. Isidore Pierre et montrer l'exactitude des chiffres donnés par

Liebig, qui, le premier, avait insisté sur la prodigieuse quantité d'azote que récèlent nos terres arables.

M. Isidore Pierre ne paraît pas avoir cherché bien activement à quelle source était puisée cette quantité énorme d'azote combiné et quel était le mécanisme de sa fixation dans le sol; en revanche, jusqu'à la fin de sa vie, il s'est préoccupé de la nécessité de restituer au sol par les engrais, l'azote enlevé par les cultures, c'est ainsi qu'en 1875, il donnait aux *Annales agronomiques* (tome I, p. 375) une note *sur l'épuisement du sol par les pommiers*, dans laquelle il rappelait aux cultivateurs normands la somme considérable d'azote combiné qu'enlève la récolte des pommes, et par suite, la nécessité de fumures abondantes pour conserver aux vergers, aux *plants*, leur richesse habituelle. Ces préoccupations paraissent excessives à de très bons esprits, et dans des *observations* sur la note de M. Isidore Pierre, M. le baron Thenard (*Ann. agron.*, tome I, p. 533) fit voir qu'en Bourgogne, on tire des vignes centenaires du clos Vougeot, des produits renfermant infiniment plus d'azote que n'en apportent les fumures, et cependant, depuis l'année 904 où commence l'histoire régulière de ce clos célèbre, il fournit toujours son vin renommé, sans manifester le moindre signe d'épuisement.

L'idée de restitution au sol des principes enlevés par les engrais est, au reste, une de celles que soutint constamment M. Isidore Pierre, et bien que je n'aie pas malheureusement le texte sous les yeux, il me semble me rappeler qu'il donne pour épigraphe à son mémoire sur l'épuisement du sol par les prairies artificielles, couronné par le comice d'Orléans, cette parole restée célèbre: « Un champ est comme une armoire, on n'y trouve que ce qu'on y a mis. »

Nous avons à tant de reprises différentes insisté sur l'opinion contraire, dans ce recueil même, que nous ne croyons pas nécessaire d'y revenir.

La question est en réalité beaucoup plus complexe que ne le jugeait le savant agronome de Caen. Aux déperditions causées par les exigences des récoltes, viennent s'ajouter celles que produisent les eaux, celles qui sont dues aux modifications que l'oxygène atmosphérique apporte à la constitution des matières organiques; d'autre part, aux apports de fumier ou d'engrais commerciaux se joint la fixation de l'azote sur les matières organiques, de telle sorte qu'il est impossible de calculer l'état de richesse d'un sol en

tenant compte seulement des quantités enlevées par les récoltes et de celles qu'apportent les fumures.

Le mémoire de M. Isidore Pierre sur les eaux pluviales remonte à 1851, il se proposait surtout d'y rechercher les chlorures. Le peu de distance qui sépare Caen de la mer explique facilement les quantités notables de sel dont il put constater la présence dans l'eau; à cette même époque il recherchait en outre la quantité d'ammoniaque contenue dans l'air, recherche délicate qui a depuis exercé nombre de savants distingués.

Pendant plusieurs années, de 1851 à 1857, M. Isidore Pierre se livra à diverses études intéressantes sur l'emploi comme engrais de divers sels, notamment du phosphate ammoniaco-magnésien; il rechercha l'action du sulfate de magnésie, ensuite celle du sulfate d'ammoniaque sur les prairies artificielles qui bénéficient à un s haut degré de l'emploi du sulfate de chaux[1]. Il soumit également à de nombreux essais les nitrates et jusqu'aux carbonates alcalins, qui ne lui donnèrent pas de résultats avantageux.

Le voisinage de la mer, l'emploi fréquent en Normandie des engrais qu'elle fournit, le conduisent à étudier les *tangues*[2]. Dans le mémoire très intéressant qu'il publie sur ce sujet, il recherche les procédés d'extraction des diverses sortes employés, leur prix de revient, puis il détermine la composition des tangues déposées en diverses localités, en montrant combien il importe à l'analyste de procéder régulièrement dans la prise d'échantillons.

De ces analyses découlent plusieurs conséquences utiles pour la pratique agricole et notamment la suivante : dans les tangues provenant d'une même baie, la proportion d'azote en combinaison est d'autant plus grande que la tangue est plus grasse, c'est-à-dire formée de particules amenées à un état de plus grande division.

M. Isidore Pierre discute ensuite avec beaucoup de soin à quelle cause il faut attribuer les bons effets de cet engrais marin ; il montre que si jadis les cultivateurs avaient l'habitude de mettre les tangues à l'abri de la pluie, ce n'est pas, comme ils le disaient, parce qu'il est avantageux d'introduire dans le sol le sel contenu dans la tangue, mais, tout simplement, parce qu'ils réussissaient à extraire par des

1. Tome 1er des *Annales de l'Institut agronomique de Versailles*.
2. *Annales de chimie et de physique*, t. XXXVII, 3e série, 1853.

lavages clandestins une quantité de sel suffisante pour échapper aux exigences de la gabelle. Aujourd'hui que les impôts sont plus équitablement répartis, et que les avantages de se soustraire aux exigences du fisc sont médiocres, la tangue n'est presque jamais employée fraîchement extraite, même en compost; elle est toujours abandonnée en tas pendant plusieurs mois avant d'être employée. Elle perd ainsi peu à peu le sel marin qui l'imprègne et dont l'action sur la végétation serait certainement fâcheuse. Si l'on remarque que la teneur des tangues en azote et en acide phosphorique n'est pas très élevée, si l'on remarque en outre que les tangues les plus estimées se trouvent être, en général, celles qui contiennent les plus fortes proportions de carbonate de chaux, on arrive à cette conséquence, que si le carbonate de chaux n'est pas l'élément le plus actif de la tangue, on doit au moins le considérer comme un des plus importants.

Un nouveau travail sur l'ammoniaque atmosphérique[1], des recherches analytiques sur le sorgho fourrage[2] et sur les jeunes pousses de houx[3], occupèrent ensuite M. Isidore Pierre; puis il commença les deux grands travaux qui devaient mettre le sceau à sa réputation d'agronome. C'est en 1860 qu'il présenta à l'Académie ses *Études sur le colza considéré dans ses différentes parties, à diverses époques de son développement*, travail considérable et qui restera un modèle de ce genre de recherches.

Pour suivre le développement d'une plante, les observations doivent non seulement porter sur la composition centésimale des divers organes, mais aussi sur les changements de poids que supportent les plantes elles-mêmes, et qui peuvent être établis soit sur un nombre de pieds déterminés, soit sur les végétaux qui couvrent une surface donnée. C'est à ce dernier mode de comparaison que s'arrête M. Isidore Pierre. Au printemps de 1859, il délimite exactement une parcelle dans un champ bien homogène, il compte le nombre des pieds qu'elle renferme, de telle sorte qu'en pesant quelques-uns d'entre eux, on pourra calculer le poids de la récolte fournie par la surface d'un hectare; sur les plantes prises comme échantillons, on procède en outre à la pesée séparée des racines, des tiges effeuillées et étêtées, des sommets des rameaux avec fleurs

1. *Annales de chimie et de physique*, t. XXXIX, p. 626. 1853.
2. *Annales de chimie et de physique*, t. LVI, p. 38.
3. *Annales de chimie et de physique*, t. LIX, p. 380.

ou siliques, des feuilles vertes et des feuilles mortes; et comme à chacune des cinq époques choisies on procède à des prises d'échantillons analogues, on peut suivre les modifications qui surviennent dans les diverses parties de la plante et les rapporter par le calcul à la récolte développée sur un hectare.

Chacune des parties de la plante est en outre analysée, on y dose la matière sèche, et dans celle-ci l'azote des matières organiques, les cendres dans lesquelles sont recherchés l'acide phosphorique, la chaux, les sels alcalins. De toutes ces analyses qui représentent un travail matériel énorme, M. Isidore Pierre tire une démonstration saisissante des faits déjà observés sans doute par les cultivateurs et les agronomes, mais qui jusqu'à lui n'avaient jamais été mis en lumière avec une netteté et une précision comparables à celles qu'il apporte dans ce travail. Si l'on savait qu'un fourrage monté à graines et égrené est infiniment moins nutritif que lorsqu'il est consommé en fleurs; si l'on se doutait qu'il se produit des feuilles aux tiges et de celles-ci aux graines une migration des principes élaborés dans ces feuilles ou puisés dans le sol par les racines; si M. Corenwinder avait démontré depuis plusieurs années déjà le transport de l'acide phosphorique, de la racine de la betterave vers la graine; s'il avait vu enfin que les jeunes tiges de diverses plantes contiennent des proportions considérables de phosphates qu'on n'y retrouve plus quand la plante est arrivée à maturité et que les graines sont formées; il faut reconnaître que personne, nous le répétons encore, n'avait donné de cet important phénomène de la migration des principes immédiats pendant la maturation, une démonstration aussi complète et aussi saisissante que celle que fournit M. Isidore Pierre dans ses belles études sur le colza.

Il résulte nettement de ces pesées et de ces analyses que la vie de cette plante comprend deux phases, celle de l'accumulation, de l'élaboration des matériaux qui s'étend de la germination à la floraison, c'est à ce moment que le poids de la plante présente son maximum, ensuite, il décroit légèrement ; nous avons donné de nombreux exemples de cette décroissance de poids accompagnant la maturation dans un mémoire récemment publié avec la collaboration de M. Bréal[1] ; nous avons également discuté à diverses reprises les pertes de matière sèche observées dans la maturation de l'avoine,

1. Page 161 de ce volume.

et nous avons ainsi appuyé d'observations plus nombreuses ce fait important de la perte de matière au moment de la maturation des récoltes, que M. Isidore Pierre avait signalé le premier.

Les dosages d'azote exécutés dans les diverses parties du colza montrent clairement le transport des matières azotées, des feuilles aux tiges et des tiges aux siliques. Au commencement des observations, le 22 mars, on dose dans la récolte d'un hectare 87 kilogrammes d'azote combiné, à ce moment les feuilles en contiennent 47k,30, les tiges 18k,42 et les sommités des rameaux 11k,84 seulement; le reste appartient aux racines et aux feuilles mortes. Le 6 mai, la récolte renferme 131k,40 d'azote combiné, mais la répartition est tout autre : les feuilles vertes ne contiennent plus que 26k,16, tandis que les tiges effeuillées et étêtées en renferment 35 kil. et les sommités des rameaux 49k,63; enfin au moment où l'on arrache le colza, le 20 juin, on ne trouve plus dans la récolte totale que 117k,2, les feuilles ont complètement disparu, les tiges contiennent encore 13k,41, et les sommités des rameaux avec les siliques pleins 99k,77.

M. Isidore Pierre fait observer à ce sujet qu'en négligeant dans l'observation du 6 juin la quantité d'azote contenue dans ces feuilles mortes, on retrouve exactement la même quantité totale dans la récolte du 6 juin et dans celle du 20 juin, malgré les grandes différences que l'on observe dans les différentes parties, ce qui semble cndiquer qu'à partir de la première de ces deux époques les priniipes azotés de l'organisme de la plante, abstraction faite des transformations qu'ils y peuvent encore subir, n'éprouvent plus d'accroissement important, mais obéissent à une action qui tend à les entraîner de la base de la plante vers la partie supérieure.

L'analyse des cendres décèle des faits analogues pour la migration de l'acide phosphorique. Les plantes qui couvrent un hectare contiennent 38k,59 d'acide phosphorique; le 22 mars, les feuilles en contiennent 17k,56, les tiges effeuillées 9k ,59 et les sommités des rameaux 3k,77 ; le 6 mai, le poids total de l'acide phosphorique est de 88k,31, les feuilles n'en renferment plus que 12k,06, les tiges en contiennent 31k,14 et les sommités des rameaux 23k,23; enfin, quand on procède, le 20 juin, à la dernière prise d'échantillons, le poids total d'acide phosphorique contenu dans la récolte entière est encore de 89k,43, mais la répartition est bien différente : les sommités des rameaux avec leurs siliques en contiennent 64k,66

c'est-à-dire plus des trois quarts de l'ensemble, tandis que les tiges étêtées et effeuillées n'en renferment plus que $10^{k},45$.

On reconnaît dans les *Études sur le colza* ce désir d'explorer une question dans tous ses détails, d'épuiser le sujet sous toutes ses formes, qui caractérise l'esprit de l'éminent chimiste. Aux chapitres consacrés à la répartition de l'azote et de l'acide phosphorique, dont nous venons de résumer les points principaux, s'en ajoutent d'autres sur les proportions de chaux et de sels alcalins dans les diverses parties du colza; puis viennent des études sur l'influence de la mise en javelle au moment de la récolte, sur l'analyse du plant de colza pris au moment du repiquage, sur les résidus des récoltes qu'on laisse habituellement dans le sol, etc.

Il eût été singulier qu'en s'occupant du colza, M. Isidore Pierre eût négligé l'étude de la formation de la matière grasse, de la substance même qu'on recherche dans la culture de cette plante. Malgré les difficultés particulières de cette étude, M. Isidore Pierre les avait abordées : dès ses premières analyses il chercha à les compléter et publia en 1863 dans les *Annales de chimie*[1] ses *recherches expérimentales sur la production de la matière grasse dans le colza, sur les proportions et la répartition de ces matières, dans les différentes parties de la plante, aux diverses époques de son développement.*

Ce travail présentait plusieurs difficultés particulières que M. Isidore Pierre n'a pas levées plus que ceux qui, après lui, ont repris cette étude. Il désigne évidemment, bien qu'il n'entre sur ce point dans aucun détail, sous le nom de matière grasse, tout ce qui se dissout dans l'éther; or la chlorophylle, si différente d'une matière grasse par ses fonctions, est soluble dans ce liquide, et l'auteur porte au tableau de l'analyse sous la rubrique : matières grasses, aussi bien la chlorophylle des feuilles que l'huile des graines, et c'est là une confusion qui masque le résultat principal qu'il s'agissait d'obtenir, à savoir : où, comment, à l'aide de quels matériaux, se produit l'huile que renferment les graines.

La méthode employée est au reste tout à fait impuissante à résoudre la question; l'analyse des diverses parties de la plante, qui conduit à des résultats si nets et si précieux quand il s'agit de constater la migration des matières azotées ou de certaines matières minérales, n'enseigne plus rien quand il s'agit de matières grasses

1. Tome LXIX, p. 385.

qui apparaissent dans la graine, tout à coup, sans qu'on puisse indiquer d'où elles dérivent.

« C'est après la formation de la graine, surtout, que paraît se faire avec une grande activité l'élaboration de la matière grasse; la production de chaque jour pendant les deux dernières semaines est environ quatre-vingt-dix-neuf fois plus considérable que pendant la quinzaine qui précède la floraison. »

D'où provient cette matière grasse? C'est ce que M. Isidore Pierre n'arrive pas à découvrir et ce que nous ignorons encore aujourd'hui.

En 1866, le savant agronome de Caen publia enfin le mémoire le plus important qu'il ait donné pendant le cours de sa laborieuse carrière; ce mémoire, trop étendu pour être inséré dans les *Annales de chimie et de physique*, trouva asile dans le XVe volume des *Mémoires de la Société linéenne de Normandie*, il est intitulé *Recherches expérimentales sur le développement du blé et sur la répartition dans les différentes parties des éléments qui le constituent à diverses époques de la vegétation.* Ce travail considérable, « fruit de près de quinze années d'étude, dépasse les limites d'un mémoire ordinaire, il comprend 151 pages grand in-4°, et 68 planches ».

On se fera une idée du labeur que ce mémoire a exigé, en parcourant les nombreux tableaux qu'il renferme : on a déterminé l'azote, les matières minérales, et dans celles-ci la silice, l'oxyde de fer, l'acide phosphorique, la chaux, la magnésie, la potasse et la soude, dans les épis entiers, la partie supérieure des tiges, les premiers nœuds, les premières feuilles, les premiers entre-nœuds, les deuxièmes nœuds, les deuxièmes feuilles, les deuxièmes entre-nœuds, les troisièmes nœuds, les troisièmes feuilles, les troisièmes entre-nœuds, les quatrièmes nœuds, les quatrièmes feuilles, les quatrièmes entre-nœuds, les cinquièmes nœuds, les cinquièmes feuilles et les tiges avortées.

La masse de chiffres déterminés sur un kilogramme de matière sèche est ensuite rapportée par le calcul à la surface d'un hectare.

Chacune de ces déterminations a porté sur le blé récolté les 11 mai, 9 juin, 22 juin, 6 juillet, et 25 juillet.

Enfin, les résultats sont non seulement consignés dans les tableaux de chiffres, mais encore représentés graphiquement dans la série des 68 planches qui termine le mémoire.

Si le travail a été pénible, les faits mis en lumière sont du plus haut intérêt. On voit la récolte qui couvre un hectare s'accroître

régulièrement du 11 mai au 21 juin, ne plus augmenter que très légèrement du 22 juin au 6 juillet, puis rester stationnaire de cette époque à celle de la moisson. M. Isidore Pierre conclut de ses observations que la récolte cesse de croître quinze jours avant la moisson. Les nombreuses observations que nous avons recueillies, MM. Nantier, Meyer et moi, sur le développement de l'avoine, insérées dans ce recueil même, nous ont fait voir que la règle posée par le savant agronome de Caen n'est pas aussi générale qu'il l'avait cru : quand l'année est tardive, nous avons reconnu que la maturation a lieu en même temps qu'un accroissement de matière sèche; si la saison est hâtive au contraire, une perte sensible se manifeste avant que la récolte soit abattue, ce n'est donc que dans des circonstances particulièrement favorables que le poids de la récolte reste stationnaire pendant la maturation.

Si l'on examine le graphique qui représente la quantité d'azote contenu dans 1000 parties de matière sèche, on vo t cette quantité diminuer constamment dans les plantes entières, dans les feuilles, dans les nœuds, dans les tiges nues sans les nœuds, et même dans les épis du 6 juin au 22 juin; mais si, au lieu de rapporter les déterminations à un poids fixe de matière sèche, on les ramène à la récolte développée sur un hectare, on voit au contraire l'azote s'accroître jusqu'au 22 juin, puis diminuer légèrement jusqu'à la récolte. Il résulte manifestement des chiffres observés que si la plante continue à prendre dans le sol les composés azotés qui lui servent à l'élaboration des albuminoïdes, elle produit un poids de matières carbonées relativement plus élevé, la diminution de la matière azotée est cependant réelle dans les feuilles qui en contiennent plus de 40 kilos au 9 juin et 16 kilos seulement le 25 juillet. La déperdition est sensible également dans l'ensemble des tiges du 22 juin au 25 juillet, et les courbes montrent avec la plus grande netteté que tout ce qui est perdu par les feuilles ou les tiges est gagné par les épis qui sur les 78 kilos que renferme la récolte d'un hectare en contiennent à eux seuls plus de 51 kilos.

L'appauvrissement en acide phosphorique suit exactement la même marche que pour l'azote. On voit de même le poids total de l'acide phosphorique commencer à diminuer dans l'ensemble des feuilles, dans l'ensemble des nœuds et dans l'ensemble des entre-nœuds, plus d'un mois avant la moisson, tandis qu'il éprouve dans l'épi un rapide accroissement correspondant.

Jamais la démonstration du fait capital de la maturation, le transport des matériaux élaborés ou emmagasinés dans les feuilles jusqu'aux épis, n'avait été donnée avec autant de netteté.

A quelle cause attribuer ce mouvement, ce transport vers les épis ? M. Isidore Pierre ne se prononce pas, et c'est là un des côtés curieux de l'esprit de ce savant distingué. Autant il dépense d'énergie dans la recherche des faits, autant il excelle à creuser un sujet, à l'envisager dans toutes ses faces, autant il s'acharne à présenter les faits observés sous des formes diverses, multipliant les tableaux, les calculs, pour épuiser toutes les conséquences qui découlent légitimement de ces minutieuses observations, autant il est sobre d'interprétations, il n'émet une hypothèse qu'avec une extrême réserve et ne s'inquiète que médiocrement de donner l'explication des faits qu'il a observés[1].

Le travail de M. Isidore Pierre se termine par une note additionnelle intéressante sur la verse des blés. C'est une opinion assez répandue que la silice, qui se rencontre en quantité assez notable dans les pailles des céréales, contribue à leur donner une rigidité suffisante pour qu'elles puissent supporter le poids de leurs épis et échapper à la verse. On tira naturellement de cette première idée la conclusion que les céréales qui versaient ne renfermaient pas assez de silice et qu'il pouvait être utile de leur en fournir. En exami-

1. Le mémoire de M. Isidore Pierre fut très apprécié au moment de sa publication. L'auteur de cet article nécrologique rédigeait à cette époque, avec la collaboration de savants distingués, parmi lesquels trois sont devenus professeurs à l'École de médecine, un à l'École polytechnique, deux au Collège de France, tandis qu'un dernier dirige un grand observatoire, un recueil, un peu oublié aujourd'hui, qui portait le titre d'*Annuaire scientifique*. Le volume de 1867 renferme un article intitulé : *Nutrition des végétaux* dans lequel j'ai résumé mon mémoire sur l'*Assimilation des substances minérales par les plantes ;* c'est dans ce travail que j'ai fait intervenir pour la première fois l'influence des phénomènes de diffusion, et que j'ai montré que la condition nécessaire et suffisante pour qu'une matière minérale s'accumule dans un organe est qu'elle y devienne insoluble. J'ai écrit en outre pour ce volume une notice bibliographique sur le mémoire de M. Isidore Pierre, j'y trouve la page ci-jointe que je réimprime sans y changer un mot; on y verra que, très frappé des faits importants signalés par M. Isidore Pierre, nous avons essayé de donner du mécanisme de la migration une interprétation nouvelle basée sur les phénomènes de diffusion.

Voici la page de l'*Annuaire :*

« La matière azotée accumulée dans les feuilles et dans les tiges s'achemine, pendant le dernier mois, vers l'épi; l'acide phosphorique, la potasse et la magnésie suivent le même chemin; les feuilles et la tige se dépouillent peu à peu pour que la graine s'accroisse et que la reproduction de l'espèce soit assurée.

» Le fait capital du transport de tous ces principes d'une partie de la plante à l'autre

nant la question de près, M. Isidore Pierre arrive bien vite à reconnaître sur quelles illusions est basée cette prétendue utilité des silicates. Quand on examine séparément les feuilles, les nœuds et la tige des céréales, on reconnaît que la silice est beaucoup plus abondante dans les feuilles que dans les autres organes; or cette feuille présente deux parties différentes: une gaine allongée qui, partant du nœud correspondant, enveloppe la tige sur une longueur d'environ 10 à 12 centimètres. Cette gaine doit protéger la portion de tige qu'elle entoure comme le fourreau d'une épée en protège la lame, et à ce point de vue, la silice peut avoir dans la feuille où elle s'accumule une influence utile; mais dans les blés exposés à la verse, le limbe qui surcharge la tige par son poids a subi un accroissement considérable, tandis que la gaine protectrice de la tige n'a pas sensiblement varié dans ses dimensions; l'équilibre naturel peut donc tendre à se rompre par suite de cette luxuriante végétation, malgré la présence d'une plus forte proportion de silice dans la plante : de telle sorte que s'il était possible de rogner les feuilles d'un blé trop fort, il y aurait quelque chance « de prévenir la verse en privant le blé d'uue partie de la silice que contiendrait la paille ».

Il est remarquable, au reste, que le blé des terres pauvres ne verse presque jamais, et il est probable que, moins ombragé par des feuilles, le pied de ces maigres tiges est mieux aéré et par suite moins aqueux, plus tôt dur et plus résistant.

est encore inexpliqué, et nous ignorons quel mécanisme emploie la nature pour déterminer le phénomène. Est-il impossible de le pénétrer? Nous ne le pensons pas ; et, bien que nous n'ayons encore aucune preuve à l'appui de notre opinion, bien que M. Isidore Pierre, conservant une sage réserve, se contente d'établir ce fait considérable sans en donner la raison, il nous semble que peut-être on pourrait le faire dépendre des lois de la diffusion. On sait qu'il se produit, dans les graines ou dans les tubercules où se rencontrent la fécule et l'amidon, au moment de la germination, une matière spéciale, la diastase, dont l'effet est de fluidifier ces composés insolubles pour les transformer en dextrine et en glucose solubles; on sait encore que, dans les animaux, il existe nombre de liquides capables de déterminer par contact des actions chimiques importances.

» Dans l'appareil de la digestion, le suc pancréatique qui émulsionne les matières grasses, la pepsine qui dissout les matières azotées, en sont des exemples. Or, pour que la matière azotée, combinée sans doute aux phosphates, et particulièrement aux phosphates de potasse et de magnésie, vienne se concentrer dans la graine, il suffit que dans celle-ci prenne naissance une matière capable de coaguler cette matière azotée pour la rendre insoluble; dès lors, la matière azotée doit forcément cheminer de tous les points de la tige vers la graine, comme chemine le bicarbonate de chaux ou la silice vers les feuilles où ils deviennent insolubles. »

L'accumulation de l'amidon dans le grain de blé (*Annales des sciences naturelles, Botan.*, 5e série, t. XX (1874), la distribution des diverses substances minérales dans les diverses parties du blé, sont restées pour M. Isidore Pierre des sujets de prédilection, et dix ans après la publication de son grand travail, il y revenait dans ce recueil même et nous donnait en 1876 un nouveau mémoire sur les migrations de la potasse dans le froment[1].

M. Isidore Pierre ne se bornait pas à des études théoriques; en 1869, il tirait de ses nombreuses analyses un « fragment d'études sur les époques d'assimilation des principaux éléments dont les plantes se composent[2] ». Il fait remarquer que, dans le blé et dans le colza, on trouve dans la plante, au moment où elle est complètement défleurie, la presque totalité de la matière organique et la totalité de l'azote et des substances minérales, d'où plusieurs conclusions importantes :

« Jusqu'au moment de l'épiage, et même jusqu'au moment de la floraison, l'influence des engrais peut encore se faire sentir d'une manière énergique.

» A la fin de la floraison, lorsque la graine est formée, l'influence des engrais anciens ou récents doit être nulle ou peu sensible à la récolte.

» Parmi les conséquences pratiques qui semblent encore découler tout naturellement des résultats précédents, l'une des plus importantes peut se formuler ainsi : il n'est pas nécessaire qu'une récolte soit parvenue à maturité pour qu'elle ait produit sur le sol son effet épuisant; cet épuisement est déjà parvenu à son maximum à la fin de la floraison. »

La note intitulée : *Quelques observations pratiques sur le rendement du blé*[3], conduit M. Isidore Pierre aux conclusions suivantes:

1° La proportion de semence réellement efficace est à peu près la moitié de la semence totale employée.

2° Cette quantité de semence efficace peut être évaluée à 1 hectolitre environ par hectare.

3° Le rendement moyen de chaque épi a été de 26 grains pour un rendement de 38 hectolitres et demi à l'hectare, et de 18 grains pour un rendement de 25 hectolitres trois quarts à l'hectare.

1. *Annales agronomiques*, t. II, p. 59.
2. *Comptes rendus*, t. LXVIII, p. 1526.
3. *Comptes rendus*, tome ....

4° Il paraît difficile, même dans la pratique la plus soignée, de baisser jusqu'à 1 hectolitre par hectare la proportion de semence employée, sans s'exposer à une insuffisance de plante résultant de l'action dévastatrice des insectes et des rongeurs.

En 1868, M. Isidore Pierre entreprit, avec la collaboration de son préparateur et ami, M. Puchot, une importante série de recherches sur les alcools commerciaux. Si ces travaux n'ont plus un intérêt agricole aussi immédiat que ceux dont nous venons de rendre compte, ils se rattachent à une des industries agricoles les plus importantes, et doivent trouver place dans ce rapide examen.

Un premier mémoire très étendu parut dans les *Annales de chimie et de physique* en 1871 [1].

Les auteurs mirent en œuvre des masses considérables d'alcools commerciaux, et purent en tirer des quantités notables des divers alcools supérieurs; on les soumit à une étude attentive en préparant un grand nombre de leurs dérivés dont les propriétés physiques furent déterminées avec soin.

Les auteurs reviennent encore sur l'*alcool propylique* en 1872 [2], sur la *distillation des liquides non miscibles* [3], puis ils passent successivement en revue les acides dérivés des alcools qu'ils ont étudiés, et ils donnent aux *Annales de chimie et de physique* des études sur l'*acide propionique*, tome XXVIII, p. 71; sur l'*acide butyrique*, tome XXVIII, p. 363; sur l'*acide valérianique*, et sur sa préparation en grand, tome XXIX, p. 228; un peu plus tard, les deux collaborateurs s'occupent de l'acide sulfurique bihydraté (*Ann. de chim. et de phys.*, 5e série, tome I, p. 164).

L'ensemble des travaux de MM. Isidore Pierre et Puchot sur les alcools commerciaux présente un intérêt de premier ordre; car plusieurs des produits qu'ils ont reconnus dans les liquides livrés à la consommation exercent une action des plus fâcheuses sur l'économie, et les distillations pratiquées comme on le fait habituellement sont impuissantes à les séparer; il était donc important qu'on fût bien fixé sur la nature des produits étrangers à l'alcool vinique que renferment les alcools provenant de la fermentation des grains et des mélasses, et sur les méthodes de séparation qu'on peut leur appliquer; aussi, M. Dumas demanda-t-il à M. Isidore Pierre de

1. 4e série, t. XXII, p. 234.
2. *Annales de chimie et de physique*, t. XXV, p. 234.
3. *Annales de chimie et de physique*, t. XXVI, p. 145.

résumer brièvement l'ensemble de ses travaux. L'illustre secrétaire perpétuel de l'Académie provoqua ainsi la lettre écrite de Caen, le 3 août 1878[1]. M. Isidore Pierre distingue les produits *mauvais goût de tête* qui passent au commencement de la distillation, des *mauvais goûts de queue* qui ne se condensent qu'à la fin des rectifications.

L'aldéhyde vinique, qui existe dans les produits de tête en si grande quantité que les auteurs ont pu, pendant la durée de leurs recherches, en obtenir jusqu'à 150 litres, est particulièrement dangereuse; elle est suffocante à la façon de l'acide sulfureux.

Dans les mauvais goût de queue se rencontrent de l'alcool propylique, de l'alcool butylique et de l'alcool amylique : toutes ces impuretés passent à la rectification au-dessous de 100°, même l'alcool amylique qui bout cependant à 130 degrés; quand on ne déshydrate pas ces mélanges par le carbonate de potasse, on peut avoir un produit renfermant tous ces alcools dont l'action sur l'économie est des plus nuisibles.

Malgré ces travaux spéciaux, M. Isidore Pierre ne se désintéressait d'aucune des questions qui préoccupent les agronomes ou les chimistes. En 1874, les travaux météorologiques de Ch. Sainte-Claire Deville frappaient vivement l'attention ; M. Pierre eut l'idée heureuse d'ajouter quelques observations à celles qu'on possédait déjà, et il trouva dans les cahiers tenus jour par jour par son grand-oncle, de 1790 à 1853, l'indication des jours de gelée printanière constatés par l'effet qu'exerce le refroidissement sur les vignes, sur les luzernes ou sur les prés.

« Tout le monde connaît l'effet ordinaire de la gelée sur les vignes; on connaît peut-être un peu moins l'effet produit sur les jeunes tiges de luzerne.

» Lorsque cette plante encore tendre a été atteinte par la gelée, les sommités des tiges s'inclinent pendant un temps assez considérable, quelquefois jusqu'à midi et au delà, même lorsque la gelée n'a pas été assez forte pour mortifier ces sommités de tiges. »

De la comparaison des résultats observés, M. Isidore Pierre tire cette conclusion, que les jours où il a gelé le plus souvent pendant les soixante-trois ans d'observation sont les 19, 20, 21 et 22 avril; ces quatre jours sont hors de comparaison; c'est ce qui

1. *Annales de chimie et de physique*, t. XV, p. 126.

apparaît avec une netteté saisissante dans le graphique par lequel le savant agronome a représenté l'ensemble des observations[1].

Les dernières années de la vie de M. Isidore Pierre furent partagées entre les recherches de chimie pure et celles d'agronomie. Aidé de M. Puchot, il prépare un hydrate cristallisé d'acide chlorhydrique, puis il recherche l'emploi qu'on peut tirer des fruits du *Mahonia* (*Comptes rendus*, 1875, tome LXXXI, p. 1086). Il se mêle à la discussion pendante devant l'Académie sur l'origine du sucre contenu dans les racines de betteraves, et prépare de l'alcool avec le sucre que renferment les feuilles (*Ann. agron.*, tome II, p. 314). Il signale les inconvénients que présente la fraude qui consiste à mêler de l'huile au blé pour lui donner meilleure apparence (*Ann. agron.*, tome II, p. 363). Enfin nous avons publié dans le volume de 1880, tome VI, le dernier mémoire qu'ait écrit M. Pierre, avec la collaboration de M. Lemetayer; il y recherche la valeur comme fourrage de l'escourgeon, étudie les différentes coupes qu'on en peut faire, de la fin d'avril au milieu de juin, et arrive à cette conclusion, que c'est probablement plutôt sa précocité remarquable que sa richesse en matière azotée qui a valu à ce fourrage sa réputation.

Le labeur acharné de M. Isidore Pierre avait reçu de justes récompenses: en 1869, il fut nommé officier de la Légion d'honneur; il était correspondant de l'Académie des sciences, et il semblait devoir achever doucement une vie bien remplie, quand il fut frappé coup sur coup dans ses plus chères affections. « Le père brisa le savant. » On vit cette puissante organisation s'altérer de jour en jour... M. Isidore Pierre mourut le 5 novembre 1881.

Bien que son nom ne reste attaché à aucune découverte de premier ordre, on a pu voir, par le rapide exposé que nous venons de faire, combien M. Isidore Pierre a élucidé de questions importantes; mais, pour avoir une juste idée de l'énorme travail accompli par le savant agronome, il faut, non seulement rappeler, comme nous avons essayé de le faire, ses travaux de laboratoire, il faut encore parcourir les petits traités si nombreux qu'il a écrits, et dans lesquels il a répandu, vulgarisé une foule de notions exactes, utiles aux cultivateurs et aux chimistes agronomes. L'écrivain était aussi infatigable que l'homme de laboratoire, à sa

1. *Annales de chimie et de physique*, 5e série, t. III, p. 334, 1874.

Chimie agricole il faut ajouter une étude sur l'analyse des terres, des études comparées sur la culture des céréales, des plantes fourragères et des plantes industrielles ; des recherches sur la valeur nutritive des fourrages; il imprimait de petites brochures qui se vendaient 50 centimes sur la composition de diverses plantes nuisibles, sur les effets du plâtre, etc.; jamais il ne se lassait de répandre à pleines mains les connaissances qu'il possédait.

Sans doute, cette excessive fécondité ne va pas sans présenter quelques inconvénients; les aperçus nouveaux, larges, étendus, font quelque peu défaut; le manque de critique se fait parfois sentir; mais, si l'écrivain ne s'élève guère au-dessus de son sujet et reste toujours très à portée du lecteur spécial pour lequel il écrit, l'homme de laboratoire est sans reproche : il reste attaché au fait, le poursuit, le saisit, s'en rend maître, et, s'il n'en tire pas de conclusions bien puissantes, il ajoute à nos connaissances des notions précises qui resteront dans la science et y conserveront son nom, car, si les théories passent, les observations restent.

ADOLPHE BOBIERRE

PAR M. P.-P. DEHÉRAIN

Pierre-Adolphe Bobierre naquit à Paris en 1823 ; élève à l'Institution Courant qui conduisait ses élèves au lycée Charlemagne, il manifesta bien vite un goût prononcé pour la chimie et à dix-neuf ans, en 1842, il était déjà préparateur à l'École primaire supérieure de la ville de Paris. Il passa ensuite, en 1844, une année dans le laboratoire de M. Dumas; il s'y fit remarquer, et quelques années plus tard, quand l'illustre académicien devint ministre de l'agriculture et voulut établir à Nantes un contrôle sérieux des ventes de noir animal dont l'essor menaçait d'être arrêté par de nombreuses falsifications, il songea à son ancien élève, déjà établi à Nantes depuis plusieurs années.

Nommé chimiste vérificateur en chef des engrais, pour le département de la Loire-Inférieure, le 27 février 1850, M. Bobierre commença la longue lutte contre les fraudeurs qui occupa toute sa vie.

L'entreprise n'était pas sans difficultés : il fallait, d'une part, choisir des procédés d'analyse assez précis pour se mettre à l'abri

de toute réclamation et suffisamment rapides pour fournir très vite les chiffres demandés; il fallait en outre savoir se créer, dans le département, des appuis assez solides pour pouvoir résister à l'assaut que ne manqueraient pas de donner à l'importun qui venait les troubler dans leurs spéculations aussi fructueuses qu'éhontées, les intérêts nombreux, puissants qui depuis plusieurs années exploitaient sans vergogne les cultivateurs de l'Ouest.

La situation était d'autant plus délicate qu'on n'avait pas de texte de loi bien précis pour faire condamner les fraudeurs, et qu'il fallait procéder à coups d'arrêtés préfectoraux. En effet, malgré ses efforts à l'Assemblée nationale de 1850, M. Dumas n'avait pas réussi à faire passer la loi pour laquelle il avait écrit un rapport aussi solide dans le fond, qu'élégant dans la forme. Ce fut seulement quinze ans plus tard, qu'une loi répressive fut votée par le Corps législatif à la suite de la laborieuse enquête sur les engrais commerciaux que prescrivit M. Béhic, alors ministre de l'agriculture, et que M. Dumas présida pendant toute la durée des séances.

Au moment où M. Bobierre commença ses travaux, la situation dans la Loire-Inférieure était déplorable.

Bien que dès 1820, Favre de Nantes et Payen eussent signalé à l'attention des cultivateurs de l'Ouest l'heureuse influence qu'exerce le noir de raffinerie, l'emploi de cet engrais ne se répandit guère que de 1830 à 1840; à ce moment, les transactions deviennent importantes, Nantes reçoit annuellement de 17 à 18 millions d'hectolitres, mais du même coup la fraude prend de gigantesques proportions, on mélange, au noir animal, des quantités prodigieuses de tourbe, on jugera de l'état où l'on en était arrivé par les lignes suivantes :

« J'ai trouvé, dit M. Bobierre, que de 1840 à 1850, c'est-à-dire pendant les dix années qui ont précédé l'inauguration du service de contrôle organisé par mes soins, il était entré dans le port de Nantes 165 000 000 de kilogrammes de noir animal destiné à l'agriculture. A ce chiffre, il faut ajouter 150 000 hectolitres fournis par les raffineries de la ville, etc., ce qui donne pour les dix années un total général de 1 887 212 hectolitres, ou au minimum, une valeur de 18 872 120 francs en engrais actif. Or les marais de Montoir ont annuellement envoyé en même temps comme élément de falsification 250 000 hectolitres de tourbe pulvérisée, soit un total de 2 500 000 hectolitres. Cette substance vaut environ 80 centimes l'hectolitre et on peut estimer au moins à 4 francs le prix auquel

elle a été vendue dans les mélanges ; c'est donc 10 millions de francs qui ont été prélevés sur l'agriculture des environs de Nantes par le commerce des engrais.

On conçoit qu'un semblable état de choses dut attirer l'attention des pouvoirs publics, d'autant plus qu'il était à craindre que les cultivateurs de l'Ouest, reconnaissant que le noir animal fraudé ne leur rendait, à cause de ces falsifications mêmes, que de médiocres services, fussent tentés d'abandonner son emploi. Or, cet abandon, c'était l'arrêt d'une des œuvres qui font le plus d'honneur à l'agriculture nationale, le défrichement des landes. Pendant longtemps on avait désespéré du succès de l'entreprise, car « il n'est pas rare de rencontrer des agriculteurs, — je devrais dire des possesseurs de domaines cultivés — qui, au grand mépris de la logique et de la langue, s'intitulent *hommes pratiques*, par ce seul fait qu'ils rejettent systématiquement toute idée scientifique et positive susceptible de modifier en quoi que ce soit un procédé ancien. Pour eux, il n'y a ni analyse, ni observation, ni espérance fondée sur l'étude qui ne soit dédaigneusement condamnée comme œuvre de la *théorie* et l'on sait ce que dans leur bouche signifie ce dernier mot. Par eux, le proverbe breton : *lande tu as été, lande tu es, lande tu seras*, fut naguère créé et propagé[1]. »

Ces landes au commencement du dix-neuvième siècle occupaient 900 000 hectares, et l'engrais par excellence pour les mettre en culture est l'acide phosphorique ; avec du noir animal de bonne qualité, la réussite est certaine, on échoue au contraire si le noir fait défaut, car ces terres sont formées par l'altération des schistes qui ne renferment pas de phosphore dans leurs éléments. — Si la fraude non réprimée avait pris le dessus, qu'il fût devenu impossible de trouver des engrais efficaces, on aurait vu échouer cette grande entreprise à laquelle restera attachée le nom de M. Rieffel, le vénérable directeur de l'École de Grand-Jouan, qui vient de prendre sa retraite après avoir accompli la tâche à laquelle il a consacré sa longue vie.

Heureusement, M. Bobierre comprit dès le début que, mis à un poste d'honneur, il fallait absolument combattre et obtenir la victoire, car à cette victoire était lié le succès du défrichement des landes.

1. *Leçons de chimie agricole*, 1872. G. Masson, p. 12.

Le préfet était un homme énergique; d'après les conseils de M. Bobierre, il prescrivit que tout marchand d'engrais devrait placer sur chaque tas mis en vente, une étiquette indiquant la nature de la substance et sa richesse; en outre, on créa des chantiers départementaux où tous les négociants pouvaient apporter les engrais de toute provenance, ils étaient analysés à l'entrée et ne devaient plus subir aucune manipulation pendant leur séjour au chantier; les cultivateurs qui voulaient s'y approvisionner étaient certains d'y trouver des produits d'une teneur connue.

Enfin, les cultivateurs pouvaient réclamer des dosages gratuits pour toutes les matières fertilisantes qu'ils voulaient acquérir; la bataille fut vigoureusement engagée, les tribunaux eurent à prononcer de nombreuses condamnations et les effets de cette sévère répression ne tardèrent pas à se faire sentir.

Toutefois, il faut bien le reconnaître, les armes n'étaient pas très solides, on n'avait que des arrêtés préfectoraux, pas de texte de loi, les négociants réclamèrent et trouvèrent des avocats pour les aider à passer au travers des mailles assez larges du code pénal, qui n'avait pas prévu les fraudes qui portaient sur la richesse en principes utiles des matières fertilisantes. Les condamnés en appelèrent, on alla jusqu'à la Cour de cassation qui ne put que constater que la loi était muette.

M. Bobierre ne put pas obtenir une législation nouvelle, prescrivant l'étiquetage des produits qu'avait ordonné l'arrêté préfectoral qu'il avait provoqué; battu de ce côté, il se découragea d'autant moins que ses efforts avaient déjà produit d'excellents résultats et que de 27 pour 100 de noir que renfermaient en moyenne les engrais analysés en 1850, il avait fait monter leur teneur jusqu'à plus de 40 pour 100; il chercha donc à éclairer les cultivateurs eux-mêmes et à les mettre en garde contre les tromperies auxquelles ils étaient exposés, de là les petits ouvrages excellents, clairs, incisifs, qu'il publia sous le titre : *le Noir animal, analyse, emploi, vente* (1856), et plus tard les *Simples notions sur l'achat et l'emploi des engrais commerciaux*, dans lesquelles il s'efforce de mettre à la portée de tous, les indications qui permettent aux cultivateurs de se défendre.

Au milieu de tous ces travaux, M. Bobierre ne négligea pas son instruction générale ; la nécessité l'avait forcé de trouver au sortir même du collège une position rémunérée, et il n'avait pu acquérir tous les grades qu'il convoitait. Ce n'était que partie remise: en

1853 il devint bachelier ès sciences, en 1854 licencié ès sciences physiques, et quatre ans plus tard, en 1858, il soutenait sa thèse de docteur.

Si M. Bobierre assurait son avenir scientifique en conquérant les plus hauts grades universitaires, il restait en même temps fidèle à sa mission agricole : dès son arrivée à Nantes, il avait commencé un cours de chimie public et gratuit, qu'il continua de 1851 à 1855. C'était alors le seul cours de chimie qui existât à Nantes, et le succès qu'il obtint ne fut peut-être pas étranger à la création de l'École préparatoire des sciences et des lettres de Nantes en 1855. En 1864, il réussit à y créer un laboratoire public pour l'essai des engrais ; enfin, en 1866, à la mort d'Achille Comte directeur, il fut appelé à lui succéder et conserva la direction de l'École jusqu'à sa fin prématurée.

Dans ses nombreux ouvrages, M. Bobierre montre sa préoccupation constante d'arriver au dosage rapide et suffisamment exact des principales matières contenues dans les engrais; tant qu'il n'avait que des noirs à examiner, il pouvait employer sans inconvénients un procédé de dosage de l'acide phosphorique très simple, qui consiste à considérer comme phosphate de chaux toute la matière précipitée par l'ammoniaque d'une dissolution chlorhydrique ; mais lorsqu'aux analyses de noir animal vinrent s'ajouter celles des poudres de nodules, il fallut avoir recours à des procédés plus précis; il les discuta avec soin et y revint à diverses reprises, notamment dans ce recueil même (tome I, p. 64 et tome III, p. 547); il se préoccupa également du dosage de l'azote, et dès 1857, il chercha à simplifier le procédé de M. Péligot, et à le mettre à la portée des chimistes agronomes incomplètement outillés, ils étaient nombreux à cette époque, et l'ammonimètre de Bobierre rendit d'incontestables services[1].

M. Bobierre, au reste, ne se cantonna pas absolument dans les questions agricoles; aussitôt qu'on réclamait l'aide de ses lumières pour une question intéressant à un degré quelconque ses concitoyens, il se mettait à l'œuvre. Chimiste dans un grand port de commerce, il se préoccupa de l'altération des doublages de navires et rechercha les moyens d'en préjuger la nature[2].

Plusieurs des travaux de laboratoire de M. Bobierre ont protégé

1. Une brochure de 7 pages chez madame Camille Mellinet. Nantes, 1857.
2. *Annales de chimie et de phys.*, 4e série, t. XV.

la santé de ses concitoyens. C'est ainsi que son analyse de l'eau des puits de l'école normale de Savenay révéla la cause d'une épidémie de fièvre typhoïde qui s'était déclarée au mois de mars 1878 dans cet important établissement.

Il convient encore de rappeler ses travaux sur les vins lithargés, sur les viandes de porcs trichinées, enfin la campagne qu'il entreprit courageusement au Conseil d'hygiène contre les vins d'équipage. Cette campagne malheureusement n'a pu aboutir, l'autorité compétente se trouvant désarmée; les mêmes falsifications révoltantes se continuent et se continueront sans doute encore longtemps.

Enfin n'oublions pas que M. Bobierre a rendu d'importants services à l'industrie nantaise par certains travaux spéciaux et même par une question qu'il avait soulevée en 1878 et qui suscita une vive polémique.

Nous voulons parler du mode de soudure des boîtes de conserves, question importante dans une ville comme Nantes où la fabrication des conserves constitue toute une industrie.

A l'époque où M. Bobierre souleva la question, bien que les soudures des boîtes se fissent presque toujours à l'intérieur, on y employait un alliage renfermant 63 et même 65 pour 100 de plomb.

Il fit observer au Conseil central d'hygiène quel danger peut résulter d'une soudure où ce métal domine. On sait, disait-il, que le plomb, en présence de matières salines ou acides telles que le sel marin de certaines conserves ou les produits végétaux de quelques autres, donne des éléments d'intoxication saturnine. Dans certaines boîtes d'un volume de un demi-litre, la surface du métal nuisible atteignait 10 centimètres carrés; c'est plus qu'il n'en faut pour que certaines conserves puissent produire chez leur consommateur des coliques de plomb ou autres désordres graves.

Le Conseil d'hygiène attira sur cette question l'attention du préfet, M. H. de Brancion, qui, le 18 mai 1879, après avoir pris les instructions du ministre de l'agriculture, prit un arrêté interdisant de souder à l'intérieur les boîtes de conserves alimentaires (quelle que fût d'ailleurs la nature de ces conserves), et prescrivant pour la confection desdites boîtes l'emploi du fer-blanc étamé à l'étain fin.

Cet arrêté allait plus loin que les nécessités hygiéniques. Aussi sa publication souleva-t-elle de vives réclamations, d'autant plus qu'elle coïncidait avec un essor nouveau de l'industrie des con-

serves. Il existait d'énormes approvisionnements de boîtes exécutées dans les anciennes conditions et leur prohibition immédiate constituait une perte importante pour les fabricants de conserves et les ferblantiers. De plus, la prohibition frappait les boîtes à une époque trop rapprochée de l'époque de la pêche de la sardine pour permettre aux fabricants de remplacer leur stock. Les 15 000 familles de marins qui vivent du produit de cette pêche étaient donc menacées par la mesure en question.

Le conseil général s'en émut : il émit un vœu demandant que l'arrêté fut rapporté.

Donner droit au vœu du conseil général, c'était autoriser toute espèce de soudures, même les plus dangereuses; aussi on ne recula pas jusque-là, mais une limite de tolérance du plomb dans les soudures fut établie et ce régime intermédiaire qui dure encore aujourd'hui, garantit la santé du consommateur sans nuire aux intérêts du fabricant.

La réputation que M. Bobierre s'était acquise, lui permit à diverses reprises de ramener dans le droit chemin l'opinion publique quelque peu fourvoyée. S'il est une découverte qui rendit service à l'agriculture de l'Ouest, ce fut à coup sûr celles des nodules de phosphates fossiles de la bande de terrain jurassique qui parcourt le département des Ardennes et celui de la Marne; cependant au moment où M. de Molon, en 1856, fit connaître l'importance des gisements qu'il commençait à exploiter, la presse agricole presque entière déclara *a priori* que ces phosphates minéraux durs, compacts, ne pourraient jamais présenter la moindre utilité, qu'ils ne serviraient qu'à frauder le noir animal, et que la prétendue découverte n'aurait aucun résultat pratique. Cette opinion ne pouvait prévaloir; au reste, dès qu'elle fut émise, presque en même temps, M. Bobierre[1] et l'auteur de cet article[2] indiquèrent qu'il était impossible d'affirmer avant toute expérience que les nodules n'abandonneraient pas leur phosphate aux sols riches en débris organiques dans lesquels ils seraient placés. M. Élie de Beaumont qui depuis plusieurs années appelait l'attention sur cette importante question, nous soutint, M. Bobierre et moi, dans cette circonstance critique et la suite nous donna raison.

M. Bobierre ne s'en tint pas aux épreuves de laboratoire, il dis-

1. *Comptes rendus de l'Académie des sciences* (1857), t. XLV, p. 167.
2. *Id.*, t. XLV, p. 13.

posa une expérience de culture en semant du sarrasin dans une terre argilo-schisteuse, dépourvue d'humus et additionnée de phosphate fossile ou de noir de raffinerie, quant la terre ne reçut rien, la plante se développa misérablement, on recueillit 4 grains; on en eut 64 pesant 670 milligrammes sous l'influence du noir de raffinerie, et 137 pesant 1692 grammes; quand au noir de raffinerie on substitua un mélange de phosphate fossile et de sang sec.

Au reste, ce ne furent plus bientôt des expériences de laboratoire qui montrérent l'intérêt de la découverte des phosphates fossiles, ce furent les demandes des cultivateurs bretons se chiffrant par milliers de tonnes et donnant un nouvel essor aux travaux de défrichement des landes si brillamment commencés avec le noir animal.

Nantes est le grand port d'introduction du guano péruvien, M. Bobierre ne pouvait se désintéresser de la composition d'une matière fertilisante d'une si haute valeur. Aussi continua-t-il sa lutte contre la fraude, qu'elle s'appliquât au noir animal, aux phosphates fossiles ou au guano; c'est ce dont on se rend compte dans ses *Leçons de chimie agricole*, dont la dernière édition a paru en 1872; sur vingt chapitres qu'elle renferme, quinze sont consacrés à l'étude des engrais, et on reconnaît là le caractère particulier de l'œuvre de M. Bobierre. Ce qu'il recherche avant tout, c'est l'utilité immédiate; en contact perpétuel avec les cultivateurs, il reste à leur portée, leur parle de ce qui les touche, leur enseigne à défendre leurs intérêts, et ce que son œuvre perd en élévation, elle le gagne en résultats, positifs, palpables, avantageux pour tous ceux à qui elle s'adresse.

En même temps qu'il était chimiste habile, M. Bobierre était élégant écrivain, et nous venons de lire avec étonnement un petit ouvrage intitulé : *De l'air considéré sous le rapport de la salubrité*. Au moment où il l'écrivait, l'auteur avait vingt-deux ans, et l'on est étonné qu'à l'âge où tant d'autres sont encore sur les bancs, il ait pu mener à bonne fin un travail étendu et rempli de notions sérieuses trèsagréablement présentées; cet ouvrage n'est pas cependant le premier qu'ait composé le jeune préparateur et un *Traité élémentaire de manipulations chimiques* avait déjà précédé le petit volume de 1845.

En 1876, M. Bobierre voulut résumer l'œuvre accomplie pendant le quart de siècle qu'il lui avait consacré et il publia un volume

dans lequel il condense l'ensemble de ses recherches[1]. « C'est pour donner une idée exacte du rôle assigné à un *laboratoire départemental*, que j'ai entrepris la publication de ce volume. On n'y trouvera ni discussion de théories élevées, ni résultats de recherches véritablement scientifiques; c'est, en effet, le journal pur et simple d'un établissement, qui, grâce au conseil général et aux préfets qui se sont succédé à Nantes, a été exclusivement consacré à projeter la lumière sur les faits... Mais il faut tout dire : les préoccupations d'ordre chimique n'ont pas été les seules qui aient absorbé depuis 1850 tous les moments du directeur du laboratoire de Nantes. Les grands problèmes de la réglementation du commerce des engrais, l'étude des mesures préventives ou répressives de la fraude, enfin la modification de certains articles de notre code pénal ont motivé de la part de l'auteur de ces lignes, des efforts qu'on lui pardonnera de retracer. Il se peut, en effet, que son légitime amour-propre soit ici en jeu; mais il a fortement à cœur de prouver qu'il n'a pas été indigne des sympathiques encouragements qui lui ont été accordés jusqu'à ce jour. »

Cette lutte contre la fraude a été la constante préoccupation de M. Bobierre, il y mettait la rigidité d'un magistrat, l'austérité d'un juge ayant à décider d'intérêts considérables, il a voulu rester étranger à toute spéculation; son caractère droit et honnête a préféré la pauvreté pour lui et les siens à l'aisance qui eût coûté le moindre sacrifice à une réputation qu'il voulait laisser sans tache.

Nous avons eu le plaisir de passer quelques jours avec M. Bobierre, en 1875, au moment de la réunion de l'Association française à Nantes. Il aimait à recevoir les hommes de sciences de passage dans sa patrie d'adoption; dans sa maison hospitalière, on était charmé à la fois par l'esprit, l'entrain du directeur de l'École des sciences, par la grâce et l'amabilité de madame Bobierre et de sa fille; à ce moment tout semblait sourire à l'homme vaillant qui avait su conquérir par un travail acharné la considération dont il jouissait à Nantes où ses services étaient justement appréciés.

Les distinctions lui étaient venues : chevalier de la Légion d'hon-

1. *Laboratoire de chimie agricole de la Loire-Inférieure* (1850-1875). Compte rendu des travaux par *Adolphe Bobierre*, docteur ès sciences, directeur du laboratoire de chimie agricole de la Loire-Inférieure, directeur et professeur de chimie de l'École supérieure des sciences de Nantes, membre correspondant de l'Académie royale des sciences à Madrid et de la Société nationale d'Agriculture de France, de la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale, lauréat de l'Institut. — G. Masson, 1876.

neur en 1864, il avait reçu du gouvernement espagnol des marques flatteuses de distinction; arrivé au soir de la vie, il semblait devoir jouir encore pendant bien des années du fruit de son travail... Il ne se reposait pas cependant: pendant les chaleurs écrasantes de cet été, il s'était rendu à Granville pour y prendre des échantillons d'analyse; il en revint souffrant de violentes douleurs de tête, il avait sans doute été atteint d'insolation; après deux mois de souffrance, il mourut le 18 septembre, il avait cinquante-huit ans.

Sa fin répond à sa vie, c'est dans l'accomplissement d'un devoir qu'il a trouvé la mort; sous ce chimiste habile, sous ce professeur brillant, sous ce causeur aimable et souriant, se cachait un cœur fier, résolu, acharné à la lutte, animé d'une haine vigoureuse contre la fraude et capable de tout sacrifier au succès de la mission qui lui était confiée.

DUBRUNFAUT

Par M. E. Durin, chimiste industriel.

Le 7 octobre dernier, M. Dubrunfaut, doyen des chimistes industriels français, a été subitement enlevé à la science et à l'industrie à l'âge de quatre-vint-quatre ans, après une existence des mieux remplies et des plus glorieuses de notre époque. Une fuite de gaz s'étant déclarée dans sa chambre pendant la nuit, ses organes affaiblis par l'âge n'ont pu vaincre l'asphyxie partielle et l'empoisonnement qu'elle a amenés, et la mort est arrivée après trente-six heures de marasme et d'agonie.

Philosophe autant que savant, et alors que sa santé était encore vigoureuse, M. Dubrunfaut ne craignait pas d'envisager le moment où la mort le saisirait à son tour et d'en entretenir MM. Leplay et Cuisinier, ses neveux, et souvent ses collaborateurs. La mort le surprit. Il ne l'attendait pas sitôt; partisan des doctrines de Flourens, il croyait à la possibilité de prolonger l'existence par l'hygiène et sa verte vieillesse lui permettait d'espérer encore plusieurs années d'activité pendant lesquelles il comptait achever bien des travaux et notamment un écrit assez étendu sur la longévité. Possesseur d'une fortune laborieusement conquise par de brillants travaux et à force de services rendus à l'industrie et à l'agriculture, M. Dubrunfaut toujours sévère et modeste pour lui-même était plein de sollicitude pour tous ceux qui l'approchaient; aucun des

besoins, aucune des peines de la grande famille humaine ne lui étaient étrangers, et toute infortune trouvait chez lui un conseil, parfois une verte admonestation, toujours un secours. Dédaigneux de toute vanité de convention, il avait témoigné le désir d'être conduit à sa dernière demeure avec la plus extrême simplicité, et de consacrer au soulagement des pauvres le prix des brillantes funérailles qu'appelait sa position de fortune. Son désir a été religieusement respecté.

Si aucune infortune n'a jamais sollicité en vain sa générosité, c'étaient surtout les membres de la laborieuse corporation des savants et des travailleurs pouvaient qui compter sur son concours, et nous devons rappeler qu'il fut un des fondateurs, et l'un des plus importants donateurs, de la Société des amis des sciences, noble institution grâce à laquelle les savants qui ont sacrifié leur existence à la science, peuvent espérer qu'une restitution discrète et éminemment honorable viendra alléger les charges matérielles de ceux qu'ils laissent après eux.

Né à Lille le 1er septembre 1797, M. Dubrunfaut fit ses premières études au collège de cette ville, et les termina brillamment à Paris. Retourné dans sa ville natale, et attaché à une raffinerie, ses fonctions l'amenèrent à s'occuper des industries agricoles auxquelles il se consacra bientôt avec passion. Dès 1823, il obtint de la Société centrale d'agriculture la médaille d'or d'Olivier de Serres, pour son mémoire sur la saccharification des fécules; médaille qui lui fut décernée par une commission illustre, composée de MM. Chevreul, Dumas, Dulong et Robiquet. Il publia, en 1824, un traité complet et raisonné de l'art de la distillation, dans lequel il établit sur les bases les plus solides et les plus nouvelles, les procédés de préparation et de fermentation de toutes les matières sucrées et féculentes qui peuvent être industriellement transformées en alcool.

En 1825, il fait paraître un traité de fabrication du sucre de betteraves; dans cet ouvrage, il expose les meilleures méthodes de culture de la betterave, et enseigne les procédés théoriques et pratiques de la fabrication. Il ne se bornait pas à la description des moyens alors employés, mais il les perfectionnait, et tout en indiquant les points qui nécessiteraient de nouvelles études, il en faisait pressentir la solution. Dès ce moment, on comprend que ses travaux de prédilection s'attacheront aux deux grandes industries de la distillation et de la sucrerie.

Ses découvertes scientifiques et industrielles sont dès lors incessantes, il prouve toute l'importance de la culture de la betterave et de ses transformations au point de vue agricole; l'influence de cette culture sur la production du blé et sur la production de la viande par l'abondante nourriture que les résidus de la fabrication fournissent aux bestiaux.

On ne saurait trop admirer la prodigieuse sagacité avec laquelle Dubrunfaut, dès 1825, prédit l'immense avenir qui s'ouvre devant l'agriculture du Nord par le développement de la culture de la betterave, qui avait alors à lutter contre l'hostilité des colonies, contre les déboires que rencontre toujours toute innovation, contre les sarcasmes qui, au début, vinrent accabler la prétention de tirer d'une racine indigène un produit qui paraissait réservé aux régions intertropicales.

Toutes les prévisions de M. Dubrunfaut, si exagérées qu'elles parussent au moment où elles furent émises, ont été dépassées. Aucune culture n'a jamais contribué à l'enrichissement d'une région, à la prospérité générale, à l'aisance de ses habitants autant que la culture de la betterave qu'il préconisait. Grâce à elle, et contrairement à tout ce qu'on aurait pu supposer, la partie de la France la plus riche est celle dont le climat inclément la prive pour toujours de la culture par excellence de notre pays, celle qui ne fait pas de vin. Jamais le Nord n'aurait pu lutter avec nos départements méridionaux, si la modeste racine dont Dubrunfaut avait prévu l'incomparable utilité, n'était venue triompher d'une infériorité qui paraissait irrémédiable.

On ne saurait donc rappeler avec trop de reconnaissance le nom de ces agriculteurs habiles, de ces savants industriels qui, s'ils n'ont pas créé l'industrie sucrière, ont guidé ses premiers pas, lui ont permis de prendre son essor et de franchir les limites du département du Nord, pour s'étendre sur le Pas-de-Calais, la Somme, l'Aisne, l'Oise et descendre ainsi jusqu'à la région de la vigne. Dubrunfaut était à leur tête; mais, à côté de lui, il convient d'écrire encore les noms de Kuhlmann et de Crespel Delisse.

Ce n'est pas seulement au reste de la betterave que s'occupe M. Dubrunfaut. Il crée la saccharification industrielle des grains et des fécules par les acides; la distillation des mélasses de betteraves et l'industrie des sels de potasse et de soude extraits des résidus; la distillation directe des betteraves, en déterminant par une série de

recherches délicates la quantité d'acides minéraux nécessaire pour assurer la prédominance d'action du ferment alcoolique sur les autres ferments, qui détermineraient la production de réactions secondaires nuisibles à la fermentation alcoolique. M. Dubrunfaut trouvait en outre la méthode de fermentation continue, à l'aide des levûres qui se développent au sein des liquides en fermentation. En même temps, il s'attache non seulement à produire l'alcool, mais encore à le purifier de façon à lui permettre de lutter avec l'alcool du vin, en attendant qu'il ait réussi, comme semblent l'indiquer ses derniers travaux, à empêcher la production même des alcools étrangers qui s'opère concurremment avec celle de l'alcool vinique.

En sucrerie, il crée en collaboration avec son neveu, M. Leplay, l'extraction du sucre par la baryte, il invente l'osmose et les osmogènes, merveilleux instruments qui permettent de séparer le sucre des sels qui l'accompagnent par une sorte de dialyse ou de diffusion à travers une membrane. Il complète enfin cette séparation en engageant le sucre dans une combinaison calcique, base d'un perfectionnement d'avenir et peut-être du présent qui permettra l'extraction complète du sucre de la betterave.

Aucune des créations industrielles de M. Dubrunfaut ne sont le produit de ces tâtonnements empiriques qui amènent des industriels observateurs à des résultats avantageux parfois, mais si souvent suivis d'amères déceptions. Chez M. Dubrunfaut, le savant précédait toujours l'industriel, et il a été conduit à tous les perfectionnements qu'il a trouvés par de profondes études théoriques.

La science lui doit, en outre, plusieurs travaux importants : la connaissance de la véritable constitution du sucre interverti, composé comme on le sait par ses travaux de glucose et de lévulose, équivalent à équivalent; il a indiqué les procédés de séparation de ces deux sucres. Il étudie le sucre de topinambour; la maltose et la variation de sa rotation optique. Il rectifie et complète les découvertes de Payen sur la diastase, et arrive encore, à la veille de sa mort pour ainsi dire, à découvrir dans la diastase deux ferments distincts, l'un transformant l'amidon en dextrine, l'autre la dextrine en glucose.

M. Dubrunfaut étudie la nature des ferments, détermine leurs conditions de vie dans divers milieux, reprend les travaux de

Cagnard-Latour et Turpin, il compare la rapidité d'action des ferments sur la glucose et la lévulose; découvre dans la levûre un ferment diastasique inversif du sucre de canne; étudie la formation d'ammoniaque pendant la fermentation, etc., etc.

En dehors de ses études sur la sucrerie et la distillerie, il perfectionne la distillation des acides gras, la fabrication des prussiates, étudie les huiles, les conditions de cristallisation de sels en mélange, etc., etc.

M. Dubrunfaut fut encore professeur et publiciste; il enseigna la chimie pure et appliquée, de 1825 à 1830, à l'école de commerce à Paris; il créa un enseignement spécial et privé, rue Pavée, pour la chimie appliquée à l'industrie agricole. Il publia un recueil, l'*Agrigriculteur munufacturier*, résumant ses leçons: recueil plein de données nouvelles pour l'époque, et encore aujourd'hui intéressantes et vraies. Il collabora à l'*Encyclopédie moderne*, à la *Revue encyclopédique des sciences, des arts industriels, de la littérature et des beaux-arts;* il publia avec Leblanc le journal l'*Industriel*, etc., etc.

M. Dubrunfaut ne s'est pas attaché seulement à la science agricole et à ses applications : son esprit éminent, constamment occupé des questions sociales et de l'amélioration des classes nécessiteuses, s'est passionné pour les grands problèmes d'économie politique. Il étudiait les productions qui convenaient le mieux au climat et au sol de chaque région, en conseillait la culture pour faire rendre à chacune d'elles son maximum de produit. Une juste répartition de l'impôt, jointe à tous ces éléments de prospérité, lui paraissait devoir élever la France à un haut degré de richesse. Il considérait que les rapports commerciaux entre les diverses nations pourraient établir alors d'équitables conditions d'échange, et amener une prospérité générale, en ne laissant subsister de luttes que les luttes pour le progrès. La violente indignation qui l'animait au moment de la déclaration de guerre de 1870 m'est restée présente à l'esprit; il considérait cette guerre non seulement comme un crime humanitaire, mais il voyait avec douleur ce recul vers la barbarie, et l'anéantissement de ses espérances de résoudre pacifiquement les questions internationales.

Tout en s'occupant des applications de la science à l'industrie et des questions économiques qui s'y rattachent, M. Dubrunfaut, dont l'activité d'esprit et de corps tenait du prodige, abordait

encore les études de science pure les plus variées. Il présenta à l'Académie des sciences de nombreux mémoires sur la sursaturation, la surfusion, la cristallisation; sur les lois de la dilatation des gaz; sur la nature de l'ozone; sur l'acide carbonique considéré comme combusant du carbone en présence de l'eau; sur l'analyse spectraledes gaz, et sur les doubles spectres d'un même gaz, etc., etc.

En avançant en âge, M. Dubrunfaut a cherché moins la science dans ses phénomènes particuliers et apparents que dans sa philosophie; il s'occupe de l'unité des forces naturelles et de leurs diverses transformations; on comprend par ses mémoires purement théoriques qu'il croit à la vérité absolue des grandes lois physiques et chimiques, et que leslégères infractions à ces lois dépendent, selon lui, uniquement des imperfections inhérentes à l'expérimentation, et du défaut de pureté absolue des gaz employés: il en donne des preuves à propos des exceptions signalées à la loi de Mariotte, aux doubles spectres de certains gaz. C'est ainsi qu'il démontra la présence de gaz étrangers dans des gaz admis comme purs, et celle de la vapeur d'eau dans des gaz desséchés par les méthodes connues les plus parfaites.

On peut s'étonner que M. Dubrunfaut, illustré par tant de travaux scientifiques et par tant de créations industrielles, n'ait pas fait partie de l'Académie des sciences. Peut-être doit-on en chercher la raison dans l'absolutisme de son caractère et dans le sentiment trop déclaré de sa valeur. L'éclat des services de cet illustre chimiste fera oublier rapidement ses défauts, son œuvre au contraire subsistera, et la reconnaissance publique a déjà songé à élever un monument, qui rappellera à la postérité le grand nom de Dubrunfaut (1).

CAMILLE SAINT-PIERRE

Directeur de l'École nationale d'agriculture de Montpellier.

L'École d'agriculture de Montpellier vient de faire une perte immense en la personne de M. Camille Saint-Pierre, son directeur, enlevé après une courte maladie, le 29 novembre dernier. C'est grâce à ses qualités véritablement exceptionnelles que cet établissement avait atteint rapidement le développement auquel il est

(1) Une souscription a été ouverte par le journal *la Sucrerie indigène et coloniale*, sur l'initiative de M. Tardieu, 10, rue de Louvois, Paris.

arrivé aujourd'hui. M. Saint-Pierre possédait en effet tout à la fois, l'intelligence vive et pénétrante qui conçoit; la décision et l'entrain qui exécutent; enfin, l'esprit de ressource qui triomphe des difficultés; de plus, l'amabilité et l'enthousiasme communicatif de son caractère, savaient bien vite gagner à ses idées ceux qui l'entouraient et en faire des collaborateurs dévoués et des amis.

M. Saint-Pierre avait commencé sa carrière scientifique par ces études médicales qui ont donné à la science, à la politique et à l'agriculture tant d'hommes distingués.

Reçu docteur en médecine en 1857, il se fit bientôt remarquer dans les concours de la Faculté de médecine de Montpellier où il obtint, dès 1860, le titre d'agrégé. Il commença alors à se livrer d'une manière spéciale, en collaboration avec M. Béchamp, à l'étude de la chimie, et à celle de ces organismes élémentaires dont les beaux travaux récents de M. Pasteur ont démontré toute l'importance.

Plusieurs de ses mémoires furent couronnés par l'Institut, notamment ceux sur *Les industries de l'Hérault*, sur *Les combustions respiratoires*, etc. Mais ces travaux ne suffisaient pas à son activité. Chargé de bonne heure, par suite des circonstances, d'une importante propriété située près de Montpellier, il fut bientôt initié aux choses agricoles, dans lesquelles il apporta cet esprit tout à la fois pratique et scientifique qu'il possédait. Non content d'amener son domaine du Rochet à un haut degré de prospérité, il y entreprit des études sur les engrais et sur l'œnologie qui attirèrent vivement l'attention du public agricole du Midi. Il se trouva dès lors tout indiqué, lorsque l'École d'agriculture de Montpellier fut fondée, pour y occuper la chaire de Technologie. Il créa dans cette nouvelle position l'enseignement de l'œnologie méridionale dont les particularités si peu connues jusqu'alors demandaient à être nettement indiquées, justifiées et éclaircies par la science. Plus tard, lorsque l'insuccès des procédés employés contre le phylloxéra dans l'Hérault ouvrit la question des vignes américaines, il entreprit sur les vins américains des études qui fixèrent le jugement des viticulteurs sur la valeur des principaux d'entre eux, et qui, certainement, resteront classiques en ces matières.

Il préparait, lorsque la mort est venue l'enlever, un travail d'ensemble sur cette question que l'École se fera un devoir pieux de publier.

Il donnait en 1878, en ces termes un résumé des résultats de ses travaux sur ce sujet :

Dans l'ensemble des recherches culturales, œnologiques et économiques qui se poursuivent à l'École d'agriculture de Montpellier sur les cépages américains, l'étude des vins fournis par ces cépages a été l'objet, depuis 1875, de mes constantes préoccupations. Si les questions de résistance, de taille ou de greffe exigent un certain temps pour être résolues, l'appréciation des qualités d'un vin est beaucoup plus facile et surtout plus rapide.

Je suis convaincu aujourd'hui qu'il ne reste plus de motifs de douter de la valeur des produits obtenus avec plusieurs cépages américains, et je considère comme utile de résumer, en les accentuant, les conclusions contenues dans les mémoires spéciaux que j'ai publiés sur ce sujet[1].

A. — Un premier point qu'il est important d'établir, c'est la maturation parfaite sous le climat du Midi, des raisins provenant des *Æstivalis*, des *Cordifolia* et de nombreuses vignes fournies par le groupe des *Labrusca* ou des *Hybrides*. Les raisins récoltés à Montpellier en 1874, en 1875, en 1876, en 1877, ont tous mûri convenablement et n'ont pas présenté dans leurs qualités plus de variations que n'en ont offert les cépages français, dans les récoltes correspondantes.

C'est ainsi que les moûts des cépages suivants : Jacquez, Clinton, Rulander, Cynthiana, Black-July, Elvira, et de bien d'autres, se sont constamment montrés plus sucrés et plus riches que les moûts de nos meilleurs cépages du Midi.

Quant à savoir si la maturation pourra s'effectuer dans les autres régions viticoles de la France, je crois être en mesure de l'affirmer. En comparant, dans les collections de l'École d'agriculture, la maturation relative des cépages américains avec la maturation de divers cépages français (petite Syrrha, Marsanne, Pinot noir, Pulsart noir, Maldoux, Cabernet, etc.), j'ai toujours vu à la même époque, c'est-à-dire dans la première quinzaine de septembre, l'avantage appartenir aux américains, et je ne doute pas, par conséquent, de leur maturation avant le 15 octobre, dans les vignobles du Bordelais ou de la Bourgogne.

B. — Pour ces vins, on peut déjà établir plusieurs catégories répondant aux diverses classes recherchées par le commerce. — Nous trouvons des vins blancs et des vins rouges. Parmi ces derniers, les vins de plaine sont représentés par l'Herbemont ; la couleur, la saveur rappellent celles de l'Aramon, la richesse alcoolique est à peu près la même.

1. C. Saint-Pierre et G. Foex, *Rapport sur la composition des vins américains*, in-8°, Montpellier, 1875.

C. Saint-Pierre, *Étude sur le vin de Clinton*, in-8, Montpellier, 1876.

C. Saint-Pierre, *Recherches sur les vins des cépages américains récoltés en France*, en 1876, in-8, Montpellier, 1877.

C. Saint-Pierre, *Nouvelles recherches sur les vins des cépages américains récoltés en France en* 1877 (*Messager agricole*, juin 1878).

Les beaux vins de montagne du midi de la France trouvent leurs équivalents dans le Black-July, le Jacquez, le Norton, l'Eumelan, le Cynthiana; couleur, alcool, saveur, corps, qualités de conservation, rien ne manque à ces produits pour égaler les bons vins des coteaux de la Provence ou du Roussillon.

Parmi eux, le Cynthiana, le Black-July, d'autres sans doute, peuvent acquérir un degré de finesse, un parfum et une couleur de Rancio qui les rapprochent encore davantage des vins du Roussillon.

Le commerce trouverait aussi dans les vins des cépages américains les analogues des vins de coupage que produisent Narbonne et Banyuls; la couleur, la richesse du Jacquez, du Clinton, du Norton, ne le cèdent en rien à celles des vins de couleur français. J'ajouterai que cette couleur est comparable pour ses caractères et ses réactions à celle de nos vins français; sa nuance subit, par le vinage, les mêmes influences que la couleur des vins de Narbonne, se prête aux mêmes coupages et vire par le vieillissement ou le chauffage, en présentant les mêmes teintes.

Malheureusement, me dira-t-on, les vins du Clinton sont atteints d'un goût désagréable. Si le commerce ne parvenait pas à utiliser le Clinton (le seul vin foxé de tous ceux que j'ai énumérés ci-dessus), la liste est déjà assez longue pour satisfaire à tous les besoins. Mais je ne désespère point de voir par les coupages, le vieillissement, les collages et surtout les soins de la fermentation, le vin du Clinton perdre à peu près complètement le goût foxé. Le plâtrage à la cuve, l'acidification du moût, la séparation des rafles et des peaux, les vendanges précoces, voilà autant de moyens que j'étudie encore, et qui m'ont donné déjà des résultats bien encourageants. On obtiendra certainement des vins de Clinton aptes à entrer dans la consommation par l'association intelligente des conditions ci-dessus.

Dans la catégorie des vins blancs, les cépages américains nous offrent également des types de grande valeur. Les vins du Diana et de l'Elvira rappellent les Picardans et les bons Piquepouls. Le commerce intérieur, la fabrication des vins imités, trouveront dans ces produits tous les éléments de leur consommation. J'ajouterai que le vin du Cunningham, qui est un raisin rouge, lorsqu'il est fait en blanc par la séparation des rafles et des pellicules, présente des caractères qui le rapprochent de celui que fournit le grenache dans les mêmes conditions; et, pour que l'analogie soit complète, ce vin peut être fait sec ou doux par des mutages, comme le vin de Grenache : sous leurs diverses formes, ces types continuent à rester comparables.

C. — Il est donc évident pour moi, qu'en dehors du greffage qui nous permettra toujours de retrouver nos vins français sur pied américain, la culture directe des cépages de nombreux types américains peut donner des produits de véritable valeur. Mon observation est fondée sur l'étude de quatre récoltes, sur la préparation de 95 échantillons[1] soumis à la fermentation à l'École d'agriculture, et sur l'étude de plus de 100 autres échantillons venant de divers points

1. 1874-1875, 20 échantillons
1876, 32 —
1877, 43 —
95

de la France. La concordance des résultats offerts par l'analyse et la dégustation, la persistance des caractères, tout m'autorise à penser que la question des vins américains est résolue. — J'espère que les reproches dont ces vins sont l'objet de la part des personnes qui n'ont goûté encore que les vins de Concord ou d'Isabelle, tomberont enfin devant les enseignements de l'expérience.

Membre de la Société d'agriculture de l'Hérault qui, de tout temps, s'est tenue à la tête du progrès viticole dans le Midi, il apporta constamment aux travaux de cette assemblée un concours des plus actifs, et ses Bulletins renferment de nombreux mémoires sur toutes les questions qui faisaient l'objet de ses préoccupations. Nous mentionnerons, entre autres : ses *Observations sur le pesage et la densité des vins*, ses recherches sur les *engrais chimiques appliqués à la vigne*, etc.

Il publia enfin dans cette revue en 1878, en collaboration avec M. L. Magnien, le compte rendu de ses *recherches sur la maturation du raisin* dont nous rappelons ici les résultats :

1° Les raisins, à l'époque de leur maturation, dégagent de l'acide carbonique soit à l'obscurité, soit à la lumière.

2° Ce dégagement a lieu aussi bien dans un gaz inerte que dans l'air.

3° La quantité d'acide carbonique produit est toujours supérieure à la quantité d'oxygène consommé quand l'expérience a une durée suffisante.

4° Les raisins sont capables d'absorber ou de perdre de l'eau lorsqu'on les maintient dans un milieu humide ou dans un milieu sec.

5° Quand la maturation s'avance, les acides diminuent et le sucre augmente.

6° Le mécanisme de la maturation est le suivant : les acides et le glucose se forment dans la plante et la sève les conduit au raisin. Les acides y sont brûlés, tandis que le sucre s'y concentre.

Quand la maturation est très avancée, le sucre est brûlé à son tour.

Mais si M. Saint-Pierre a su produire, dans le domaine des sciences appliquées à la médecine et à l'agriculture, des travaux qui eussent suffi à donner de l'éclat à une existence plus longue que la sienne, c'est surtout au point de vue administratif que se sont révélées les qualités véritablement exceptionnelles de son esprit.

Appelé au mois de janvier 1876 à la direction de l'École d'agriculture de Montpellier, qui luttait alors contre les difficultés d'un début, dans un milieu nouveau, il se donna immédiatement tout entier à son œuvre. Saisissant avec promptitude les côtés par lesquels l'École pourrait, en se rendant utile au pays, recueillir les sympathies qui seules devaient la faire réussir, il organisa ce vaste

ensemble d'expériences sur la viticulture, les irrigations, l'élevage du mouton, etc., qui donnèrent à l'École une place notable dans le courant agricole méridional.

Sentant les devoirs qui incombaient à notre École méridionale, en présence de la grande crise que traversait notre viticulture, il chercha immédiatement à concentrer plus spécialement les efforts de ses collaborateurs vers l'étude des questions phylloxériques. Après de nombreux efforts infructueux pour sauver les vignes de l'École au moyen des insecticides, dont nul plus que lui ne fut dès le début un partisan plus convaincu[1], en présence d'un vignoble à refaire, il comprit tout de suite avec le coup d'œil pratique qui le caractérisait, qu'une seule ressource lui restait : l'emploi des vignes américaines que nous considérions tous comme un pis aller, mais qui s'imposait alors comme seul moyen de salut, tous les autres nous ayant fait défaut successivement.

Les Bouches-du-Rhône, une partie du Var, le Vaucluse, la Drôme, l'Ardèche, le Gard, les Charentes et environ la moitié de l'Hérault se trouvaient dans la même situation que le domaine de l'École ; une étude sérieuse de l'emploi de ces vignes pouvait donc avoir une importance considérable pour la région. M. Saint-Pierre la fit entreprendre sur les bases les plus larges et sut y intéresser non seulement l'Administration de l'agriculture, toujours prête à seconder les efforts qui se font pour le bien de l'agriculture nationale, mais encore les diverses Associations agricoles et les Conseils généraux du Midi. Grâce à son active impulsion, des collections importantes de vignes américaines furent réunies et permirent d'entreprendre des travaux ampélographiques considérables; des expériences sur la multiplication et notamment sur le greffage furent également exécutées et servirent dans une certaine mesure à éclairer la marche des viticulteurs dans la voie nouvelle où ils se trouvaient nécessairement engagés.

Enfin, de grandes cultures dans les conditions de la pratique et sur des terres qui avaient porté précédemment des vignes indigènes, détruites par le phylloxéra, permirent d'entrevoir la possibilité de tirer parti de ces cépages, en même temps qu'elles montraient leur valeur relative au point de vue des nécessités qui s'imposent à notre viticulture méridionale.

Les enseignements résultant de ces recherches furent bientôt vulgarisés, grâce au concours puissant de la Société d'agriculture de l'Hérault, dans ces réunions du printemps qui ont amené chaque année, à l'École d'agriculture de Montpellier, de 12 à 1500 personnes venues des diverses contrées viticoles de la France et de l'étranger. Tous ceux qui ont pu le voir dans ces assemblées auxquelles il savait donner tant de charme et tant de vie, comprendront facilement le rôle important qu'il a pu jouer dans la direction générale de l'ensemble des travaux effectués à l'École.

Inaccessible au découragement lorsqu'il entrevoyait une grande œuvre à faire, il savait inspirer à ses collaborateurs, lorsqu'il les voyait rebutés par

1. M. Saint-Pierre fit dès 1874, dans son domaine de Rochet, de nombreuses expériences sur l'emploi de l'acide arsénieux, puis plus tard du sulfure de carbone, contre le phylloxéra.

l'indifférence ou même l'hostilité de ceux qui ne partageaient pas leurs vues, cette confiance dans l'avenir qui est un des premiers éléments du succès.

Bientôt les élèves, attirés par la pensée qu'ils pourraient étudier à Montpellier les diverses questions spéciales à la région de l'olivier, affluèrent de tous les points du bassin de la Méditerranée.

Et c'est au moment où, après avoir vaincu des difficultés de toute nature, il était arrivé à porter le nombre des étudiants de son école de sept qu'il avait trouvés à son arrivée, à cent, et où il allait jouir paisiblement du fruit de ses efforts, que la mort l'a enlevé, dans toute la force de l'âge, à l'affection de sa famille, de ses collaborateurs et de ses élèves.

Nommé membre du Jury à l'exposition œnologique de Conégliano (Italie), il se rendit dans cette localité, où l'appelait, du reste, le désir de se tenir au courant des questions relatives à son enseignement. Après un séjour qui lui fut rendu particulièrement agréable par le sympathique accueil que lui firent les viticulteurs, les savants et les membres du haut personnel de l'administration italienne de l'agriculture, il contracta, en revenant, la maladie qui l'a enlevé après dix jours de souffrance, le 29 novembre dernier.

Sa mort a été non seulement un deuil pour l'École où il était l'ami et le conseil de tous, mais encore pour le Midi agricole.

Ses funérailles, qui ont eu lieu au milieu du concours de la population de la ville de Montpellier tout entière, ont montré, par les manifestations touchantes qui s'y sont produites, combien il était estimé et aimé de tous.

Bien que M. Saint-Pierre nous ait quitté avant l'heure, son œuvre n'en demeurera pas moins grande au milieu des agriculteurs méridionaux; et déjà parmi eux la pensée d'en perpétuer le souvenir par un modeste monument, élevé au milieu de cette École qu'il aimait tant et dans laquelle il a laissé une si profonde empreinte de son passage, a été agitée.

Ses collaborateurs et ses élèves ne peuvent qu'applaudir à cette initiative qui répond à un sentiment bien profond chez eux.

G. F.

TRAVAUX PUBLIÉS A L'ÉTRANGER

Influence du gemmage sur les pins.

Le gouvernement portugais a fait établir, il y a quelques années, dans les forêts de pins de Leiria, une extraction de résine, afin d'utiliser pour l'industrie et le commerce les produits secondaires des forêts et pour se rendre compte des avantages que présenterait cette exploitation.

Une commission, composée de M. Jayme Batalha Reis, professeur de botanique et d'économie forestière, et de M. Bernardino Barros Gomes, ingénieur en chef des forêts de l'État, et présidée par M. Ferreira Lapa, professeur de chimie et de technologie rurale et directeur de l'Institut royal d'agriculture, a été chargée d'examiner :

1° Si l'exploitation résineuse des pins, comme elle se pratique à Leiria, est préjudiciable aux arbres en ralentissant leur accroissement et en diminuant sensiblement la valeur des bois;

2° Si, dans ce cas, la valeur de cette exploitation compense la différence de prix de la matière ligneuse;

3° Si, en admettant la continuation de l'extraction des résines, il est préférable que ce soit l'État qui l'entreprenne au lieu de l'affermer, et dans le cas de location, quelles seraient les conditions de conservation à imposer aux fermiers;

4° S'il était convenable de sacrifier l'exploitation des bois à l'industrie résineuse, que conviendrait-il de faire pour administrer le mieux possible ces pins, dans les conditions actuelles de leur peuplement, de l'extraction et de l'emploi de leurs produits.

Voici le résumé de ces études :

En apparence la forêt de pins qui a subi le gemmage ne présente aucune différence dans la végétation en la comparant à celle de même âge qui n'a pas subi cette opération; même port, même vigueur dans la flèche, les branches et leur feuillage, même couleur des aiguilles, même hauteur des arbres.

Les champignons, du reste très peu nombreux dans la partie de

la pinière explorée, le sont également dans les deux cas, et les tumeurs apparentes que présentent certaines entailles sur l'écorce, n'empêchent pas la cicatrisation et ne corrompent pas le bois. La simple inspection de la forêt ne semblait pas défavorable au gemmage, quant au développement en hauteur.

Il était nécessaire de rechercher si la diminution, qu'à première vue l'arbre ne montre pas, serait trouvée par des mesures exactes des accroissements annuels en diamètre et par la comparaison de ces accroissements avant et pendant le gemmage.

Ces travaux de mesure des accroissements en diamètre exécutés sur des pins gemmés et non gemmés dans les circonstances les plus uniformes possible, prouvèrent que le gemmage diminue l'accroissement annuel des arbres dans la proportion de 13 p. 100, et que dans une période de dix ans, de 1870 à 1880, sur 400 mètres cubes que représente la masse ligneuse de pin gemmé par hectare, cette perte se traduit par une diminution de 16 mètres cubes.

Une fois prouvé que le gemmage affecte d'une manière sensible la production ligneuse, il restait à démontrer quelle influence il exerce sur la qualité des bois.

Les essais du laboratoire de l'Institut d'agriculture prouvèrent que :

Les bois gemmés sont plus durs;

Qu'ils contiennent un peu plus d'eau;

Qu'ils sont un peu plus riches en résine.

Les études microscopiques confirmèrent les conclusions données par l'analyse.

D'où l'on peut établir que les bois gemmés ne sont pas inférieurs aux bois non gemmés, parce que la plus grande densité et la plus grande richesse en résine compensent leur défaut de plus grande humidité.

Il est très curieux de remarquer que l'analyse est arrivée aux mêmes résultats que la mesure des accroissements annuels; de telle sorte que quand bien même elle n'aurait pas été faite on n'en trouverait pas moins la perte de la masse ligneuse causée par le gemmage.

L'analyse explique parfaitement ceci, qui à première vue paraît une contradiction : la même quantité de résine dans les pins intacts et dans ceux qui ont été gemmés, malgré la perte de cette résine soufferte par ceux-ci.

La transformation du bois en résine et l'équivalent entre la masse ligneuse et la résine sortie de l'arbre donnent la raison des contradictions qui se rencontrent chez les auteurs qui ont étudié le gemmage.

Un troisième point à résoudre est l'emploi du cube ligneux des bois gemmés ou non gemmés.

On sait que les couches ligneuses qui se forment après que l'arbre a été entaillé, parviennent à se souder sur les côtés, mais jamais sur la couche qui a été superficiellement attaquée. Il est évident que l'arbre ne donnera jamais, à quelque époque que ce soit, une poutre massive d'une grosseur plus grande que celle qu'il aurait pu donner quand on l'a gemmé pour la première fois; ou bien, pour que cette poutre soit plus grosse, il faudrait qu'elle soit coupée à la hauteur de la plaie.

Le gemmage diminue donc plus ou moins la grandeur de la pièce principale qu'un pin peut donner.

Il résulte de cet exposé que le gemmage ne cause pas de préjudice sensible, quant aux qualités des bois, mais qu'il occasionne une perte de production ligneuse et une perte dans la grandeur des pièces équarries, qui est calculée de 1 à 2 centimètres de large sur 2 mètres de long.

Il convient maintenant d'envisager le gemmage au point de vue économique, car il peut arriver que ces préjudices soient soldés favorablement, soit par le rendement supérieur des produits résineux, soit par les conditions économiques dans lesquelles se trouve la pinière de Leiria.

En adoptant les calculs d'évaluation actuelle des bois, on trouve qu'en échange de la perte de 16 mètres cubes de la masse ligneuse par hectare, évaluée à 80 francs environ, la pinière a vendu à la fabrique 4500 kilogrammes de résine par hectare gemmé qui, au prix de 2 centimes et demi le kilogramme, font 112 fr. 50 centimes. La forêt aurait donc gagné au change et continuerait à gagner tant que d'autres conditions n'augmenteraient pas la valeur des bois.

Mais le gain du gemmage ne doit pas pour l'État se rapporter seulement à la forêt, il faut aussi le considérer par rapport à la fabrication des produits résineux.

La comptabilité de la fabrique montre que le gain liquide et total du gemmage a été, par kilogramme de gemme récolté, d'un peu

plus de 0 fr. 08 centimes (c'est-à-dire 352 822 francs divisés par 4 377 895 kilogrammes), soit par hectare $4500^{k} \times 0^{f},08 = 360$ francs à opposer aux 80 francs, valeur de la masse ligneuse en moins par hectare.

Il résulte de ces faits que l'industrie résineuse doit continuer; elle ne compromet pas la production ligneuse, les demandes de bois étant inférieures à la production de la forêt. Si les troncs blessés des arbres gemmés ne peuvent pas servir pour faire des planches après cicatrisation, ils fournissent des traverses pour chemin de fer qui paraissent aussi durables que celles qui sont intactes. L'analyse montre que la région entaillée du bois est plus fournie de résine, ce qui doit favoriser la durée de ces traverses, bien que l'irrégularité de la fibre lui soit un peu défavorable.

Il sera cependant très avantageux d'éviter que le gemmage ne compromette la formation des grandes pièces de bois qui peuvent plus tard avoir une grande valeur.

Le gemmage a été introduit à Leiria avec un certain enthousiasme; on ne pensa qu'au profit immédiat qu'il donne, et, pour augmenter ce profit, on chercha à diminuer les dépenses de la fabrique en commençant par gemmer les surfaces les plus proches, le transport et la récolte de la résine coûtaient moins cher; tous les arbres y furent gemmés.

Il faudrait qu'il y ait plus de soin dans le choix des arbres; que l'on épargnât tous les pins bien formés et droits, que l'on ne saignât que les arbres défectueux et ceux des coupes, et en dernier lieu les arbres les plus anciens, bien que droits, à condition que l'entaille y soit faite dans les cinq ou six dernières années avant l'abatage, parce que, de cette manière, les plaies ne causeraient pas de dommage au cube ligneux d'une seule pièce qu'ils pourraient fournir.

Quant à décider s'il conviendrait mieux pour le pays de continuer l'industrie du gemmage au compte de l'État que de la livrer à l'exploitation particulière, nous pensons que l'État doit seulement s'occuper des industries lorsque leur existence est indispensable et que l'initiative privée ne suffit pas pour les soutenir. S'il est donc prouvé que dans de certaines limites, l'extraction de la résine des pins n'est pas préjudiciable, économiquement parlant, aux autres produits que ces arbres doivent fournir, et s'il est aussi prouvé que cette industrie donne un gain qui peut payer l'emploi

des capitaux particuliers, l'État doit, après avoir donné la plus grande publicité à ce dernier fait, faire rentrer cette industrie dans les conditions générales qui régissent toutes les industries portugaises:

Extrait et traduit du portugais, E. de ROOSMALER.

ERRATA

Substituer au tableau de la page* 213 *le tableau suivant :

COMPOSITION DE LA RÉCOLTE D'UN HECTARE.

	6 JUILLET.	12 JUILLET.	18 JUILLET.	7 AOUT.
Avoine entière.				
Matières azotées.........	195.4	257.5	287.3	346.4
Cendres.................	144.0	167.7	152.8	248.8
Épillets.				
Matières azotées.........	28.9	53.5	116.4	255.5
Cendres.................	15.6	25.0	45.1	86.8
Chaumes.				
Matières azotées.........	165.6	185.3	173.4	91.1
Cendres.................	130.7	130.3	111.1	158.2
Chaumes calculés [1].				
Matières azotées.........	166.5	204.0	170.9	90.9
Cendres.................	128.4	142.7	107.7	160.0

1. Tous les chiffres sont obtenus directement, si les dosages et les prises d'échantillons étaient irréprochables, la composition des épillets ajoutée à celle des chaumes reproduirait celle de la plante entière, on jugera des incertitudes de ce genre de recherches par les différences que présentent les chiffres trouvés et les chiffres calculés pour la composition des chaumes.

Le Gérant, G. MASSON.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME SEPTIÈME

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES

TABLE

PAR NOMS D'AUTEURS

FIN DE LA TABLE PAR NOMS D'AUTEURS

TABLE

PAR ORDRE DE MATIÈRES

FIN DE LA TABLE PAR ORDRE DE MATIÈRES

PARIS. — IMPRIMERIE ÉMILE MARTINET, RUE MIGNON, 2.

